

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE METODOLOGIAS
PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE PARÂMETROS DE
QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA**

LUCAS DANIEL DE SÁ SOARES DE MATOS

ORIENTADOR: ANÉSIO DE LELES FERREIRA FILHO

BRASÍLIA, DEZEMBRO 2018

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

Agradecimentos

Eu agradeço...

..., primeiramente, a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades;

..., ao meu amigo Lúcio que me acompanhou nesse projeto desde o início;

..., aos meus pais, Antônio e Maria, ao meu irmão Gustavo e à minha namorada Juliana por todo o apoio e carinho que me proporcionaram durante toda essa caminhada;

..., ao meu orientador, Anésio de Leles Ferreira Filho, pela orientação, apoio e confiança;

..., às empresas que emprestaram os instrumentos de qualidade de energia elétrica para teste e que proporcionaram a elaboração desse relatório;

..., em especial, à FAP-DF pelo apoio financeiro e à FINATEC pelo suporte na gestão dos recursos;

..., a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação.

Resumo

Este trabalho apresenta uma metodologia alternativa para a avaliação do desempenho funcional de instrumentos de medição da qualidade da energia elétrica, elaborada com base nos resultados da aplicação em laboratório de dois procedimentos encontrados em documentos que versam sobre o tema. Trata-se de uma proposta que contempla os aspectos técnicos e metrológicos demandados pelas normas IEC 61000-4-30 e IEC 62586, para cada um dos parâmetros de qualidade da energia, por meio do uso do ISO-GUM. O produto desta metodologia é um relatório que expressa o desempenho dos instrumentos sob avaliação e torna possível a identificação das suas aptidões e deficiências.

Sumário

Sumário	vii
Lista de Tabelas	xviii
Lista de Figuras	xix
Lista de Símbolos, Nomenclaturas e Abreviações	xxi
1 Introdução	1
1.1 Considerações Iniciais	1
1.2 Estado Da Arte	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Estrutura do Relatório	4
2 Fundamentação Teórica	5
2.1 Considerações Iniciais	5
2.2 IEC 61000-4-30	5
2.3 IEC 62586	16
2.4 Considerações Finais	19
3 Metodologias para Avaliação dos Instrumentos da QEE	21
3.1 Considerações Iniciais	21
3.2 Análise da Met-ONS	21
3.3 Procedimentos para a Determinação da Incerteza da Met-ONS	23
3.4 Análise da Met-UnB	24
3.5 Procedimentos para a Determinação da Incerteza da Met-UnB	27
3.6 Considerações Finais	33
4 Avaliação Comparativa entre as Metodologias	35
4.1 Considerações Iniciais	35
4.2 Testes de Desempenho	35

4.3	Método de Quantificação dos Erros de Medição	38
4.4	Atribuição do Laudo de Desempenho	42
4.5	Considerações Finais	46
5	Proposta de uma Metodologia Alternativa para a Avaliação de Ins-	
	trumentos de Medição da QEE	47
5.1	Considerações Iniciais	47
5.2	Testes tipo Q	47
5.3	Testes tipo V	48
5.4	Testes tipo C	49
5.5	Exemplo de Aplicação da Metodologia Proposta	52
5.6	Execução dos Testes Tipo C	54
5.7	Considerações Finais	55
6	Conclusões	57
	Referências Bibliográficas	63
	Apêndices	64
A	Resultado da aplicação da Met-ONS	65
A.1	Instrumento 1	65
A.2	Instrumento 2	69
A.3	Instrumento 3	73
B	Resultado da aplicação da Met-UnB	77
B.1	Siglas	77
B.2	Instrumento 1	78
B.3	Instrumento 2	118
B.4	Instrumento 3	158
C	Guia para a aplicação da Metodologia Proposta	179
C.1	Considerações iniciais	179
C.2	Guia de Teste de Aspectos Gerais	180
C.3	Guia de Teste da Frequência Elétrica	181
C.4	Guia de Teste da Magnitude de Tensão Elétrica	185
C.5	Guia de Teste da Flutuação da Tensão Elétrica (Cintilação)	191
C.6	Guia de Teste de Afundamentos e de Elevações da Tensão Elétrica . .	193
C.7	Guia de Teste de Interrupções da Tensão Elétrica	197
C.8	Guia de Teste do Desequilíbrio de Tensão Elétrica	198

C.9	Guia de Teste das Tensões Harmônicas	203
C.10	Guia de Teste das Tensões Inter-Harmônica	208
D	Resultado da Aplicação Metodologia Proposta	211
D.1	Instrumento 1	211
D.2	Instrumento 2	248

Lista de Tabelas

2.1	Requisitos metrológicos dos parâmetros da QEE conforme IEC	15
2.2	Faixas das grandezas de influência sobre os parâmetros da QEE conforme a IEC	16
2.3	Lista dos parâmetros de influência simultâneos da primeira edição da IEC 62586	18
2.4	Pontos de teste para frequência e magnitude de tensão	19
2.5	Pontos de teste de influência da frequência e magnitude de tensão em outros parâmetros	19
2.6	Influência da temperatura	19
2.7	Influência de tensão auxiliar na alimentação do instrumento	19
3.1	Atribuição de Conceitos	24
3.2	Atribuição de Conceitos Segundo o Desempenho - Duração VTCDs .	24
3.3	Condições dos Testes Tipo C	27
4.1	Incerteza da fonte Fluke e incertezas máximas classe A da IEC 61000-4-30	36
4.2	Resultado dos ensaios 23 e 24	39
4.3	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 4 medições	40
4.4	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 5 medições	40
4.5	Tabela T Student	41
4.6	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 6 medições	42
4.7	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 7 medições	42
4.8	Resultado da Aplicação das Duas Metodologias em Estudo nos Instrumentos 1 e 2	43
4.9	Resultado da Aplicação das Duas Metodologias no Instrumentos 3 . .	44
4.10	Valores normalizados de Pst para 1 Pst	44
5.1	Requisitos metrológicos dos parâmetros da QEE conforme IEC	50
5.2	Testes Tipo V	54
5.3	Resultado dos Testes Tipo C	54

A.1	Laudo do Instrumento 1	65
A.2	Laudo do Instrumento 2	69
A.3	Laudo do Instrumento 3	73
B.1	Laudo do Instrumento 1	78
B.2	Frequência Condição 1	80
B.3	Frequência Condição 2	80
B.4	Frequência Condição 3	81
B.5	Frequência Variável	81
B.6	Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase A	83
B.7	Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase B	83
B.8	Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase C	84
B.9	Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase A	84
B.10	Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase B	85
B.11	Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase C	85
B.12	Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase A	86
B.13	Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase B	86
B.14	Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase C	87
B.15	Magnitude da Tensão Variável - Fase A	87
B.16	Magnitude da Tensão Variável - Fase B	88
B.17	Magnitude da Tensão Variável - Fase C	88
B.18	Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A	90
B.19	Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase B	90
B.20	Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C	91
B.21	Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase A	91
B.22	Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase B	92
B.23	Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase C	92
B.24	Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase A	93
B.25	Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase B	93
B.26	Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase C	94
B.27	Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Negativa	96
B.28	Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero	96
B.29	Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Negativa	97
B.30	Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero	97
B.31	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa	98
B.32	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero	98
B.33	Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A	100
B.34	Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B	100

B.35 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C	101
B.36 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A	101
B.37 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B	102
B.38 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C	102
B.39 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A	103
B.40 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B	103
B.41 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C	104
B.42 Tensão Harmônica Variável - Fase A	104
B.43 Tensão Harmônica Variável - Fase B	105
B.44 Tensão Harmônica Variável - Fase C	105
B.45 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A	107
B.46 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B	107
B.47 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C	108
B.48 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A	108
B.49 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B	109
B.50 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C	109
B.51 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A	110
B.52 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B	110
B.53 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C	111
B.54 Amplitude do Afundamento - Fase A	113
B.55 Amplitude do Afundamento - Fase B	113
B.56 Amplitude do Afundamento - Fase C	114
B.57 Amplitude da Elevação - Fase A	114
B.58 Amplitude da Elevação - Fase B	115
B.59 Amplitude da Elevação - Fase C	115
B.60 Duração do Afundamento - Fases A B C	116
B.61 Duração da Elevação - Fases A B C	116
B.62 Duração da Interrupção	117
B.63 Laudo do Instrumento 2	118
B.64 Frequência Condição 1	120
B.65 Frequência Condição 2	121
B.66 Frequência Condição 3	121
B.67 Frequência Variável	122
B.68 Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase A	124
B.69 Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase B	124
B.70 Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase C	125
B.71 Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase A	125

B.72 Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase B	126
B.73 Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase C	126
B.74 Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase A	127
B.75 Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase B	127
B.76 Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase C	128
B.77 Magnitude de Tensão Variável - Fase A	128
B.78 Magnitude de Tensão Variável - Fase B	129
B.79 Magnitude de Tensão Variável - Fase C	129
B.80 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A	131
B.81 Flutuação de Tensão Condição 1- Fase B	131
B.82 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C	132
B.83 Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase A	132
B.84 Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase B	133
B.85 Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase C	133
B.86 Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase A	134
B.87 Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase B	134
B.88 Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase C	135
B.89 Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Negativa	137
B.90 Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero	137
B.91 Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Negativa	138
B.92 Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero	138
B.93 Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa	139
B.94 Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero	139
B.95 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A	141
B.96 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B	141
B.97 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C	142
B.98 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A	142
B.99 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B	143
B.100 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C	143
B.101 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A	144
B.102 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B	144
B.103 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C	145
B.104Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A	147
B.105Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B	147
B.106Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C	148
B.107Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A	148
B.108Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B	149

B.109 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C	149
B.110 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A	150
B.111 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B	150
B.112 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C	151
B.113 Amplitude do Afundamento - Fase A	153
B.114 Amplitude do Afundamento - Fase B	153
B.115 Amplitude do Afundamento - Fase C	154
B.116 Amplitude da Elevação - Fase A	154
B.117 Amplitude da Elevação - Fase B	155
B.118 Amplitude da Elevação - Fase C	155
B.119 Duração do Afundamento - Fases A B C	156
B.120 Duração da Elevação - Fases A B C	156
B.121 Duração da Interrupção	157
B.122 Laudo do Instrumento 3	158
B.123 Frequência Condição 1	160
B.124 Frequência Condição 2	161
B.125 Frequência Condição 3	161
B.126 Frequência Variável	162
B.127 Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase A	164
B.128 Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase B	164
B.129 Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase C	165
B.130 Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase A	165
B.131 Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase B	166
B.132 Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase C	166
B.133 Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase A	167
B.134 Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase B	167
B.135 Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase C	168
B.136 Magnitude da Tensão Variável - Fases A B C	168
B.137 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A	172
B.138 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B	172
B.139 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C	173
B.140 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A	173
B.141 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B	174
B.142 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C	174
B.143 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A	175
B.144 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B	175
B.145 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C	176

B.146 Tensão Harmônica Variável - Fase A	176
B.147 Tensão Harmônica Variável - Fase B	177
B.148 Tensão Harmônica Variável - Fase C	177
C.1 Valores a serem empregados nos testes de frequência elétrica constante - condições 1, 2 e 3	183
C.2 Condições da onda de tensão no teste de frequência elétrica constante - condições 2	184
C.3 Condições da onda de tensão no teste de frequência elétrica constante - condições 3	184
C.4 Valores a serem empregados no teste de frequência elétrica variável	184
C.5 Características do teste de frequência elétrica variável	185
C.6 Valores a serem empregados no teste da magnitude de tensão cons- tante - condições 1, 2 e 3	188
C.7 Condições da onda de tensão no teste da magnitude de tensão cons- tante - condições 2	188
C.8 Condições da onda de tensão no teste da magnitude de tensão cons- tante - condições 3	188
C.9 Valores a serem empregados no teste da magnitude de tensão variável - Classe A	189
C.10 Valores a serem empregados no teste da magnitude de tensão variável - Classe S	189
C.11 Características da magnitude no teste da magnitude de tensão variá- vel - Classe A	189
C.12 Características da magnitude no teste da magnitude de tensão variá- vel - Classe S	190
C.13 Valores do Pst nos testes flutuação retangular de tensão - condição 1 - classe A	192
C.14 Valores do Pst nos testes flutuação retangular de tensão - condição 1 - classe S	192
C.15 Flutuação retangular da tensão nos testes de flutuação de tensão - condição 1	192
C.16 Características do pré-evento	195
C.17 Características do teste da amplitude do afundamento	196
C.18 Características do teste da duração do afundamento	196
C.19 Características do teste da amplitude da elevação	196
C.20 Características do teste da duração da elevação	197
C.21 Características do teste da duração da interrupção	198

C.22 Características do teste de desequilíbrio de tensão constante - condições 1, 2 e 3	202
C.23 Valores dos fasores da tensão no teste de desequilíbrio de tensão constante - condições 1, 2 e 3	202
C.24 Condições da onda de tensão no teste do desequilíbrio de tensão constante - condições 2	202
C.25 Condições da onda de tensão no teste de desequilíbrio da tensão constante - condições 3	203
C.26 Valores a serem empregados nos testes de tensões harmônicas constantes - condições 1, 2 e 3	206
C.27 Condições da onda de tensão no teste das tensões harmônicas constantes - condições 2	206
C.28 Condições da onda de tensão no teste das tensões harmônicas constantes - condições 3	207
C.29 Características do teste de tensões harmônicas variáveis	207
C.30 Valores a serem empregados no teste de tensões harmônicas variáveis	207
C.31 Valores a serem empregados no testes de tensões inter-harmônicas constantes - condições 1, 2 e 3	210
C.32 Condições da onda de tensão no teste das tensões inter-harmônicas constantes - condições 2	210
C.33 Condições da onda de tensão no teste das tensões inter-harmônicas constantes - condições 3	210
D.1 Laudo do Instrumento 1	211
D.2 Frequência Condição 1	213
D.3 Frequência Condição 2	213
D.4 Frequência Condição 3	214
D.5 Frequência Variável	214
D.6 Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase A	216
D.7 Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase B	216
D.8 Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase C	217
D.9 Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase A	217
D.10 Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase B	218
D.11 Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase C	218
D.12 Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase A	219
D.13 Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase B	219
D.14 Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase C	220
D.15 Magnitude da Tensão Variável - Fase A	220

D.16 Magnitude da Tensão Variável - Fase B	221
D.17 Magnitude da Tensão Variável - Fase C	221
D.18 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A	223
D.19 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase B	223
D.20 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C	224
D.21 Desequilíbrio de Tensão Condição 1- Seq Negativa	226
D.22 Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero	226
D.23 Desequilíbrio de Tensão Condição 2- Seq Negativa	227
D.24 Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero	227
D.25 Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa	228
D.26 Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero	228
D.27 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A	230
D.28 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B	230
D.29 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C	231
D.30 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A	231
D.31 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B	232
D.32 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C	232
D.33 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A	233
D.34 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B	233
D.35 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C	234
D.36 Tensão Harmônica Variável - Fase A	234
D.37 Tensão Harmônica Variável - Fase B	235
D.38 Tensão Harmônica Variável - Fase C	235
D.39 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A	237
D.40 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B	237
D.41 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C	238
D.42 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A	238
D.43 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B	239
D.44 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C	239
D.45 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A	240
D.46 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B	240
D.47 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C	241
D.48 Amplitude do Afundamento - Fase A	243
D.49 Amplitude do Afundamento - Fase B	243
D.50 Amplitude do Afundamento - Fase C	244
D.51 Amplitude da Elevação - Fase A	244
D.52 Amplitude da Elevação - Fase B	245

D.53 Amplitude da Elevação - Fase C	245
D.54 Duração do Afundamento - Fases A B C	246
D.55 Duração da Elevação - Fases A B C	246
D.56 Duração da Interrupção	247
D.57 Laudo do Instrumento 2	248
D.58 Frequência Condição 1	250
D.59 Frequência Condição 2	251
D.60 Frequência Condição 3	251
D.61 Frequência Variável	252
D.62 Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase A	254
D.63 Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase B	254
D.64 Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase C	255
D.65 Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase A	255
D.66 Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase B	256
D.67 Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase C	256
D.68 Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase A	257
D.69 Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase B	257
D.70 Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase C	258
D.71 Magnitude de Tensão Variável - Fase A	258
D.72 Magnitude de Tensão Variável - Fase B	259
D.73 Magnitude de Tensão Variável - Fase C	259
D.74 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A	261
D.75 Flutuação de Tensão Condição 1- Fase B	261
D.76 Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C	262
D.77 Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Negativa	264
D.78 Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero	264
D.79 Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Negativa	265
D.80 Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero	265
D.81 Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa	266
D.82 Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero	266
D.83 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A	268
D.84 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B	268
D.85 Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C	269
D.86 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A	269
D.87 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B	270
D.88 Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C	270
D.89 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A	271

D.90 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B	271
D.91 Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C	272
D.92 Tensão Harmônica Variável - Fase A	272
D.93 Tensão Harmônica Variável - Fase B	273
D.94 Tensão Harmônica Variável - Fase C	273
D.95 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A	275
D.96 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B	275
D.97 Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C	276
D.98 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A	276
D.99 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B	277
D.100 Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C	277
D.101 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A	278
D.102 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B	278
D.103 Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C	279
D.104 Amplitude do Afundamento - Fase A	281
D.105 Amplitude do Afundamento - Fase B	281
D.106 Amplitude do Afundamento - Fase C	282
D.107 Amplitude da Elevação - Fase A	282
D.108 Amplitude da Elevação - Fase B	283
D.109 Amplitude da Elevação - Fase C	283
D.110 Duração do Afundamento - Fases A B C	284
D.111 Duração da Elevação - Fases A B C	284
D.112 Duração da Interrupção	285

Lista de Figuras

3.1	Modelo da tendência estimada $t(v_i)$ (curva de calibração linear) . . .	28
3.2	Modelo da Curva de Erros	31
3.3	Exemplo de Conformidade	32
3.4	Exemplo de Não Conformidade	32
4.1	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 4 medições	40
4.2	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 5 medições	41
4.3	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 6 medições	42
4.4	Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 7 medições	43

Lista de Símbolos, Nomenclaturas e Abreviações

Símbolos Relacionados à Metrologia

a_o	Coeficiente angular
a_1	Coeficiente linear
E_c	Erro de avaliação para os testes tipo C
E_v	Erro de avaliação para os testes tipo V
k	Fator de abrangência
r	Coeficiente de correlação
s	Variância
t	Tendência observado
$t(v)$	Tendência estima
u_B	Incerteza padrão determinada por meios não estatísticos
u_c	Incerteza padrão combinada
u_{max}	Incerteza máxima permitida
u_t	Incerteza padrão da calibração linear
U	Incerteza Expandida
U_s	Incerteza Máxima permitida para os analisadores da QEE classe S
v_{eff}	Graus de liberdade efetivos
v_i	Valor mensurado do instrumento de medição em avaliação
v_{Pi}	Valor mensurado do sistema de medição padrão
v_o	Valor de referência
θ	Variável de passo

Símbolos Relacionados à Qualidade da Energia Elétrica

a	Operador de <i>fortescue</i>
C	Valor do intervalo do tempo da medição
f	Frequência
f_{nom}	Frequência nominal
$G_{sg,n}$	Valor da tensão eficaz de tensão do subgrupo de harmônicas
$G_{g,n}$	Valor da tensão eficaz do grupo de harmônicas
Pst	<i>Short-term probability</i>
Plt	<i>Long-term probability</i>
u_-	Fator de desequilíbrio de sequência negativa
u_o	Fator de desequilíbrio de sequência zero
U_o	Valor da componente simétrica de sequência zero
U_+	Valor da componente simétrica de sequência positiva
U_-	Valor da componente simétrica de sequência negativa
U_{din}	Tensão de alimentação declarada
U_m	Valor da tensão eficaz da m -ésima ordem harmônica
U_{rms}	Tensão eficaz
$U_{rms(1/2)}$	Valor eficaz da tensão de 1 ciclo, começando no cruzamento por zero da componente fundamental, e atualizado a cada meio-ciclo
$U_{rms(1)}$	Valor eficaz da tensão determinado e atualizado a cada 1 ciclo
V_A	Valor da tensão eficaz da fase A
V_B	Valor da tensão eficaz da fase B
V_C	Valor da tensão eficaz da fase C

Siglas

OIMLM	<i>Organisation Internationale de Métrologie Légale</i>
BIPM	<i>Bureau International des Poids et Mesures</i>
CIGRE	<i>Council on Large Electric Systems</i>
DHT	Distorção Harmônica Total
DTF	Transformada Discreta de <i>Fourier</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IMA	Instrumento de Medição sob Avaliação
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISO-GUM	<i>Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement</i>
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
QEE	Qualidade da Energia Elétrica
RTC	Relógio de Tempo Real
SMP	Sistema de Medição Padrão
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UnB	Universidade de Brasília
ONS	Operador do Sistema Nacional
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EMC	<i>Electromagnetic compatibility</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 Considerações Iniciais

O setor elétrico, recentemente, tem adotado um modelo desverticalizado que impõe novas regras com a finalidade de proporcionar um serviço de qualidade ao consumidor final. Nesse contexto, a qualidade da energia elétrica (QEE) tornou-se uma das questões mais importantes a serem atendidas [1]. Em linhas gerais, a análise da QEE presta-se como uma forma de avaliação da continuidade do suprimento e da conformidade de alguns parâmetros quanto aos limites estabelecidos em normas.

Para a avaliação dos parâmetros da QEE, campanhas de medição têm sido elaboradas e executadas em todo o mundo por agentes reguladores, concessionárias de energia elétrica e consumidores [2,3]. Para que isso seja possível, é necessário dotar a rede elétrica de instrumentos especializados de medição. Essa demanda tem fomentado o desenvolvimento e a fabricação de diversos modelos de medidores da QEE, hoje disponíveis no mercado. Porém, a ausência da padronização dos métodos que estabelecem os procedimentos de medição dos parâmetros da QEE leva à incompatibilidade de medidores de diferentes fabricantes, porque diferentes instrumentos têm apresentado resultados discrepantes [4].

Visando-se medições confiáveis e comparáveis entre os medidores da QEE, foi publicada em 2008 a norma IEC 61000 - *Electromagnetic compatibility (EMC)- Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods* [5]. Em 2017, foi publicada a norma IEC 62586 - *Power Quality measurement in power supply - Part 2: Functional tests and uncertainty requirements* [6]. Com esta publicação, o objetivo da IEC era torná-la a norma padrão em testes funcionais da QEE. Juntamente com a IEC 6100-4-30, a IEC 62586-2 contempla as necessidades

de testes de desenvolvimento e calibração de dispositivos relacionados a QEE. Apesar de se tratarem de documentos de alcance mundial, não há garantias de que os fabricantes de medidores as tenham adotado. Logo, se fazem necessárias metodologias de análise do desempenho de instrumentos de medição de parâmetros da QEE, fundamentadas em aspectos que garantam um padrão pré-estabelecido de alcance mundial [7].

Segundo o PRODIST Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica [8], os instrumentos de medição devem atender aos protocolos estabelecidos pelas normas vigentes da *International Electrotechnical Commission* (IEC) 61000 série 4 ou seguir as normas técnicas brasileiras. Após uma consulta à literatura atinente e também aos documentos encontrados na internet, foi possível concluir que a norma técnica que é empregada atualmente no Brasil foi desenvolvida pela Universidade de Uberlândia (UFU) juntamente com o Operador Nacional do Sistema Elétrico. De acordo com o ONS, a classificação do instrumento da QEE em relação ao seu grau de precisão deve ser obtida por meio de ensaios em laboratório nacional ou internacional devidamente credenciado. Caso o instrumento de medição não possua um atestado aprovado por laboratório nacional ou internacionalmente reconhecido, o mesmo deverá ser ensaiado em laboratório credenciado, de acordo com o caderno de ensaios disponibilizado na página da Internet do ONS [9].

Em Agosto de 2017, o ONS lançou uma lista de instrumentos de medição que estão aptos a participar de uma campanha de medição [9]. Cabe destacar que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) não possui, até o momento, uma metodologia oficial de avaliação do desempenho funcional dos analisadores da QEE.

1.2 Estado Da Arte

Consultando-se a literatura atinente, observa-se a existência de um conjunto de artigos que focam seus objetivos na verificação do desempenho de instrumentos dedicados à medição de parâmetros da QEE. Em 2004, foi publicado um estudo que apresenta os resultados do desempenho de diferentes modelos de medidores da QEE [10], submetidos simultaneamente a diversos módulos de testes. Nesse trabalho, não há citação de normas/documentos que tenham sido empregados como padrões para o cálculo dos erros de medição, e ainda, para se estabelecer os limites máximos de incertezas admitidos para cada grandeza em avaliação. Em 2009, foi publicado um trabalho que propõe uma verificação do desempenho funcional de instrumen-

tos no processo de quantificação dos parâmetros da QEE de regime permanente [11]. Tal verificação é efetuada empregando-se somente os testes sugeridos na IEC 61000- 4-30. Contudo, nessa norma é mencionado que os testes propostos, embora necessários, são insuficientes para verificar se um medidor atende às exigências da norma. Já em 2010, foi publicado um estudo dedicado à verificação do desempenho dos instrumentos voltados à medição dos afundamentos de tensão [7]. Os demais parâmetros de QEE não foram contemplados neste trabalho.

É possível encontrar alguns documentos que propõem diferentes testes de avaliação do desempenho de instrumentos de medição de parâmetros da QEE, que tomam como base a norma IEC 61000-4-30. Como parte deste conjunto, em 2010, foi publicado um estudo que apresenta uma metodologia para a avaliação metrológica dos medidores da QEE [12]. Com o mesmo intuito, porém, com um conjunto distinto de testes, foram publicados em 2014 [13] procedimentos que avaliam, separadamente, para cada parâmetro da QEE, os requisitos técnicos e metrológicos demandados pela IEC 61000-4-30 e pelo ISO-GUM.

Em 2016, um estudo que teve como objetivo descrever e analisar os três métodos de avaliação exibidos nos documentos [12] - [14] foi publicado. Os testes que constituem essas metodologias foram implementados em laboratório e empregados na avaliação de um instrumento de medição dos parâmetros da QEE. Os resultados obtidos neste processo foram analisados comparativamente, com vistas à identificação das vantagens e desvantagens relacionados à adoção de cada uma destas supramencionadas metodologias. Com base nessa análise comparativa, uma metodologia alternativa que otimiza a avaliação do processo de desempenho funcional de analisadores da QEE foi proposta [17].

1.3 Objetivos

Este relatório tem como objetivo exibir uma metodologia alternativa para a avaliação do desempenho funcional de instrumentos de medição da QEE, elaborada com base na avaliação entre dois procedimentos encontrados no Brasil, dedicados para este fim. Para tanto, almeja-se atingir as seguintes metas:

- Descrever as duas metodologias que serão avaliadas neste estudo, a saber, a metodologia UnB e a metodologia ONS, destacando-se seus principais aspectos;

- Avaliar os resultados de cada metodologia por meio de testes de laboratório;
- Realizar uma análise comparativa entre as duas metodologias; e
- Propor uma metodologia alternativa para a avaliação do desempenho funcional de instrumentos de medição da QEE.

1.4 Estrutura do Relatório

Este documento está dividido em 6 capítulos:

1. O capítulo 2 exhibe os principais aspectos das normas IEC 61000-4-30 e IEC 62586-2. Tais normas abrangem testes de desempenho, técnicas e os métodos de medição da maioria dos parâmetros da QEE;
2. No capítulo 3 serão expostas as metodologias da UnB e do ONS. Além de descrever o procedimento de cada uma delas para a aplicação dos ensaios em laboratório, serão exibidos os métodos para cálculo da incerteza de cada uma;
3. Com base nos resultados laboratoriais obtidos, bem como nos principais aspectos de cada uma das citadas metodologias, no capítulo 4, serão destacados os principais resultados oriundos de uma análise comparativa entre os métodos da Unb e do ONS;
4. O capítulo 5 apresenta, com base na mencionada análise comparativa, uma proposta alternativa que contempla as principais vantagens dos procedimentos sob análise.
5. E, por fim, no capítulo 6, serão exibidas as conclusões deste relatório.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 Considerações Iniciais

O presente capítulo apresenta informações sobre os instrumentos voltados à medição dos parâmetros da QEE. Essas informações estão contidas em duas normas internacionais, a IEC 61000-4-30 [5] e a IEC 62586 [6]. Devido principalmente à grande quantidade de informações que cada uma delas apresenta, este capítulo abordará apenas os seus principais aspectos.

2.2 IEC 61000-4-30

A IEC 61000-4-30 é o primeiro documento que abrange as técnicas e os métodos de medição da maioria dos parâmetros da QEE. Nesse documento, têm-se descritos como devem ser os cálculos dos parâmetros da QEE.

Nas próximas seções, são apresentados os principais tópicos da mencionada norma para sistemas de alimentação em corrente alternada a 60 Hz.

2.2.1 Aspectos gerais

Neste capítulo, a norma estabelece conceitos e definições a serem empregados para a quantificação dos parâmetros da QEE. São eles:

- Conceitualização das diferentes classes de métodos de medição dos parâmetros da QEE, a saber, classe A, classe S e classe B;
- Declaração dos diferentes intervalos de tempo de medição: 12 ciclos, 180 ciclos, 10 minutos e 2 horas;

- Aplicação da ferramenta de marcação (*flagged*) nos parâmetros de regime permanente.

2.2.1.1 Métodos de medição Classe A, Classe S e Classe B

Para cada parâmetro da QEE medido, três classes são definidas (A, S, e B). Para cada classe, estabelece-se os métodos de medição e as exigências de desempenho.

Classe A. O método de medição classe A é usado onde medições exatas são necessárias, por exemplo, para aplicações contratuais que podem exigir soluções de disputas. A diretriz cita: “Qualquer medição de um parâmetro executada com dois instrumentos diferentes que obedecem as exigências da classe A, ao medir os mesmos sinais, deve produzir resultados iguais dentro da incerteza especificada para o parâmetro”.

Classe S. O método de medição classe S é usado para aplicações estatísticas, tais como pesquisas ou campanhas de medição. Embora, utilize intervalos equivalentes de medição da classe A, os requisitos metrológicos destes analisadores são menores.

Classe B. O método classe B é definido com a finalidade de se permitir a continuidade da fabricação de projetos obsoletos de muitos instrumentos existentes. Esta classe é especificada pelas características oferecidas pelo fabricante. Neste trabalho, esta classe não é tratada.

Os fabricantes, para a comercialização dos seus analisadores, devem declarar a classe dos métodos que realiza o medidor, informando os requisitos e acessórios necessários para atender a classe.

Devido às exigências dos métodos, observa-se que os analisadores classe A são superiores aos instrumentos classe S em refletir a realidade da QEE. Contudo, o valor de equipamento não está estritamente ligado a esta aptidão, já que tarefas adicionais podem ser adicionadas ao equipamento, incrementando o preço do analisador.

2.2.1.2 Intervalos de agregação

Os intervalos de agregação adotados na norma são 12 ciclos, 180 ciclos, 10 minutos e 2 horas. Estes são diferenciados pelas seguintes especificações: agregação, lacuna e sincronização.

Agregação. Os algoritmos de agregação para o cálculo das medições dos intervalos de tempo de 180 ciclos, de 10 minutos e de 2 horas são descritos pelas equações (2.1), (2.2) e (2.3), respectivamente. Os valores de entrada destas agregações são as medições do intervalo de tempo de 12 ciclos.

$$C_{180} = \sqrt{\frac{1}{N_{180}} \sum_{i=1}^{N_{180}} C_{12(i)}^2} \quad (2.1)$$

$$C_{10min} = \sqrt{\frac{1}{N_{10min}} \sum_{i=1}^{N_{10min}} C_{12(i)}^2} \quad (2.2)$$

$$C_{2h} = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} C_{10min(i)}^2} \quad (2.3)$$

Onde:

C é o valor do intervalo do tempo da medição;

N_{180} é o número de valores de entrada para a agregação dos 180 ciclos; e

N_{10min} é o número de valores de entrada para a agregação dos 10 minutos.

Os valores N_{180} e N_{10min} dependem das lacunas permitidas pela classe do instrumento. Observa-se que um algoritmo de agregação possível é a média aritmética dos valores de entrada. O porquê da adoção do algoritmo da média quadrática não é identificado na norma.

Lacunas. As lacunas representam o número mínimo de valores de entrada a serem utilizados no algoritmo de agregação. O método de medição classe A não permite lacunas. Isto implica que o valor de N_{180} da equação (2.1) é igual a 15, e o valor N_{10min} da equação (2.2) é igual ao número de intervalos de tempo de 12 ciclos inteiros da onda no período dos 10 minutos da agregação. Como o sistema não permanece constantemente a uma frequência de 60 Hz, N_{10min} é aproximadamente igual a três mil ($N_{10min} \cong 3000$). Entretanto, o método de medição classe S admite lacunas para a quantificação dos parâmetros de desequilíbrio de tensão, harmônicas e inter-harmônicas. Estas lacunas devem contemplar no mínimo um intervalo de tempo de medição de 12 ciclos a cada 60 ciclos do sinal.

Sincronização. A norma requisita uma sincronização do tempo do intervalo de medição, dado que as leituras dos parâmetros são realizadas de acordo com a frequência do sistema, e os valores devem ser indicados em horários universais. Desta forma, a sincronização da classe A deve ser feita a cada 10 minutos do relógio do tempo

real (RTC), com possibilidade de se ter sobreposição nos intervalos de tempo de 180 ciclos e 10 minutos. Tal sobreposição é dada pela variação da frequência do sistema. Já para o método classe S, a sincronização é permitida, mas não é exigida. O erro desta sincronização deve ser menor ou igual a 16 ms ou 1 s para um período de 24 h, isto é, independente do intervalo do tempo de medição.

2.2.1.3 Marcação (*flagged*)

Se há a presença de afundamentos, de elevações e de interrupções na medição, para obter resultados confiáveis, a marcação de algumas grandezas de QEE se faz necessária. O conceito de marcação evita que um único evento seja considerado mais de uma vez em diferentes parâmetros.

Esse conceito é aplicado para os métodos de medição classe A e classe S, durante a medição de frequência, magnitude de tensão, flutuação de tensão (cintilação), desequilíbrio de tensão, tensões harmônicas, tensões inter-harmônicas, sinais de comunicação e medição de parâmetros de desvio superior e inferior. As amostras destes parâmetros sinalizadas pela ferramenta de marcação, não devem ser excluídas dos algoritmos de agregação.

2.2.2 Parâmetros da Qualidade da Energia Elétrica

A IEC 61000-4-30, em sua segunda edição, exhibe os métodos e as técnicas de medição de 12 diferentes parâmetros associados à QEE. Estes parâmetros são:

- Frequência elétrica;
- Magnitude da tensão elétrica;
- Cintilação (*Flicker*);
- Afundamentos e elevações de tensão
- Interrupções de tensão;
- Tensões transitórias;
- Desequilíbrio de tensão;
- Tensões harmônicas;
- Tensões inter-harmônicas;
- Comunicação de sinais em tensão através da rede elétrica;
- Mudanças rápidas de tensão;
- Medições de parâmetros de desvio superior e desvio inferior.

No entanto, os parâmetros de tensões transitórias e de mudanças rápidas de tensão, são tratados pela norma em seções informativas.

A seguir, são exibidos as técnicas e os métodos fundamentais para a medição dos parâmetros compreendidos na mencionada norma.

2.2.2.1 Frequência Elétrica

A medição da frequência elétrica é definida como o número de ciclos inteiros contados durante o intervalo de 10 s, dividido pela duração total dos ciclos inteiros. Este método, o qual não difere entre as classes A e S, deve contemplar os seguintes requisitos:

- A frequência deve ser obtida a cada 10 segundos;
- Tensões harmônicas e inter-harmônicas devem ser atenuadas;
- Cada medição deve começar a cada 10 s do RTC. O erro de tempo do início da medição deve ser menor ou igual a 16 ms.
- A incerteza máxima permitida é igual a 10 mHz e 50 mHz na faixa de medição de 51 a 69 Hz para as classes A e S, respectivamente;
- Para medições em sistemas polifásicos, deve-se designar o canal de referência.

2.2.2.2 Magnitude de Tensão elétrica

O método de medição da magnitude da tensão elétrica é o valor eficaz das amostras extraídas do intervalo de tempo dos 12 ciclos, contemplando-se os seguintes requisitos:

- O método não difere entre as classes A e S;
- Cada intervalo de tempo de 12 ciclos deve ser contíguo e não sobrepor os intervalos adjacentes, com exceção à sincronização dos intervalos;
- O valor eficaz inclui, por definição, harmônicas, inter-harmônicas, sinas de telecomando, etc.;
- Devem ser aplicados os algoritmos de agregação sem lacunas para as duas classes;
- A incerteza máxima permitida para a classe A é igual a 0,1 % da tensão declarada de alimentação (U_{din}) na faixa de medição de 10 % a 150 % da U_{din} ;

- A incerteza máxima permitida para a classe S é igual a 0,5 % da U_{din} na faixa de medição de 20 % a 120 % da U_{din} ;

Vale ressaltar que a norma não menciona a quantidade de amostras que devem ser extraídas por intervalo de tempo (taxa de amostragem).

2.2.2.3 Flutuação de Tensão (Cintilação)

A técnica utilizada para medição da cintilação está na norma IEC 61000-4-15 [19]. O método baseia-se em modelos estatísticos da percepção humana frente a flutuações de tensão. Ele é composto por cinco estágios, a saber:

Estágio 1: adaptação da tensão de entrada;

Estágio 2: demodulação do sinal de entrada;

Estágio 3: ponderação de frequência;

Estágio 4: média quadrática;

Estágio 5: tratamento estatístico.

Existem três indicadores de severidade da cintilação. O primeiro é o denominado *Output 5*, representa a sensação instantânea da cintilação. O Pst (*short-term probability*), o segundo indicador, é um cálculo estatístico que apresenta uma leitura a cada 10 minutos, cujo valor de entrada é o indicador *Output 5*. Já o terceiro indicador é o Plt (*long-term probability*). Trata-se de uma média cúbica de 12 valores consecutivos de Pst, calculada a cada janela de tempo de 2 horas.

A incerteza máxima permitida desta grandeza é igual ao 5 % da medição, para ambas as classes. No entanto, a faixa de avaliação exigida para a classe A é de 0,2 até 10 Pst, e de 0,4 até 4 Pst para a classe S.

2.2.2.4 Afundamentos e Elevações de Tensão

Segundo a IEC 61000-4-30, um afundamento de tensão inicia quando a tensão eficaz (U_{rms}) está abaixo do limiar preestabelecido para afundamento (geralmente entre 85% e 90% de U_{din} , e termina quando a U_{rms} for igual ou superior ao mesmo U_{din} mais a tensão de histerese. Uma elevação tem início quando a U_{rms} ultrapassa o limiar de elevação de tensão (geralmente maior que 110% de U_{din}) e termina quando a U_{rms} for igual ou menor ao referido patamar menos a tensão de histerese. Para o método de medição classe A, a U_{rms} é definida como o valor eficaz de tensão

atualizado a cada meio-ciclo ($U_{rms(1/2)}$). Para o método classe S, a U_{rms} pode ser determinada de forma semelhante à classe A, ou ainda, permite-se que o critério do valor eficaz de tensão seja atualizado a cada ciclo ($U_{rms(1)}$).

O $U_{rms(1/2)}$ é o valor eficaz da tensão de 1 ciclo, começando no cruzamento por zero da componente fundamental, e atualizado a cada meio-ciclo. O cálculo do $U_{rms(1)}$ é determinado e atualizado a cada 1 ciclo. No entanto, a norma não exige o cálculo para instrumentos classe S.

Os afundamentos e as elevações de tensão são caracterizados pelas grandezas da duração e da amplitude da tensão. A duração é a diferença entre o início e o final do parâmetro, com uma incerteza máxima permitida de 1 ciclo para a classe A, e de 2 ciclos para a classe S. A amplitude será o U_{rms} mínimo ou máximo do afundamento ou da elevação, respectivamente. A incerteza máxima permitida para esta grandeza é igual a 0,2 % da U_{din} para a classe A, e 1,0 % da U_{din} para o método classe S.

2.2.2.5 Interrupção de Tensão

Segundo a IEC 61000-4-30, uma interrupção de tensão inicia quando a U_{rms} decresce abaixo do limiar de interrupção (geralmente entre 5% e 10% de U_{din}) e termina quando a U_{rms} for igual ou superior ao mesmo mais a tensão de histerese. O valor da U_{rms} é calculado com base nos valores de $U_{rms(1/2)}$ e de $U_{rms(1)}$, conforme estabelecido no tópico anterior.

A interrupção de tensão é caracterizada pela sua duração. O valor da duração é a diferença entre o início e o final da interrupção, com uma incerteza máxima permitida de 1 ciclo para a classe A, e de 2 ciclos para a classe S.

2.2.2.6 Desequilíbrio de Tensão

O desequilíbrio de tensão é caracterizado pelos fatores de desequilíbrio de sequência negativa (u_-) e de sequência zero (u_o), determinados pelas equações (2.4) e (2.5), respectivamente. Os valores de sequência positiva (U_+), negativa (U_-) e zero (U_o), necessários para se determinar os fatores de desequilíbrio, são calculados usando o método das componentes simétricas, equação (2.6). Os fasores de tensão (V_a , V_b e V_c) a serem empregados no método das componentes simétricas, são as componentes fundamentais das tensões de entrada fase-neutro. Estas são determinadas considerando o intervalo de tempo de 12 ciclos. Caso as tensões de entrada sejam fase-fase, é permitido utilizar o método do CIGRE. Porém, neste caso, não será utilizado o

fator u_o . As incertezas permitidas para os fatores u_- e u_o são iguais a 0,15 % e 0,3 % para a classe A e S, respectivamente, para a faixa de medição de 1 % até o 5 %. Por último, a norma cita: “se o método de medição utilizado é classe S, o cálculo do fator u_o é facultativo e não mandatário”.

$$u_- = \left| \frac{U_-}{U_+} \right| \times 100 \quad (2.4)$$

$$u_o = \left| \frac{U_o}{U_+} \right| \times 100 \quad (2.5)$$

$$\begin{bmatrix} U_o \\ U_+ \\ U_- \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Onde:

a é o operador de *fortescue* ($a = 1 \angle 120^\circ$).

2.2.2.7 Tensões Harmônicas

A técnica utilizada para a medição das tensões harmônicas é a norma IEC 61000-4-7 [20]. O método baseia-se na transformada discreta de Fourier (DTF). Trata-se de agrupações dos valores dos coeficientes de Fourier determinados com uma base de tempo igual a 12 ciclos da frequência do sistema. Na verdade, a norma IEC 61000-4-7 descreve dois algoritmos de agrupações. Um é para os subgrupos de harmônicas ($G_{sg,n}$) e o outro é para os grupos de harmônicas ($G_{g,n}$). Estes algoritmos de agrupação são utilizados de acordo com a classe do método empregado na quantificação das tensões harmônicas.

Classe A. A quantificação das tensões harmônicas deve ser feita pelo algoritmo voltado para os $G_{sg,n}$, até pelo menos a 50ª harmônica. A incerteza máxima permitida (u_{max}) encontra-se especificada pela equação (2.7). A faixa de medição deve estar compreendida entre 10 % e 200 % do nível de compatibilidade da classe 1, declarado na norma IEC 61000-4-7. A distorção harmônica total (DHT) deve ser determinada com base nos valores $G_{sg,n}$. No entanto, antes de aplicar o algoritmo da quantificação das tensões harmônicas, o sistema de medição deve possuir um filtro *anti-aliasing* com as características detalhadas pela norma IEC 61000-4-7.

$$u_{max} = \begin{cases} 5 \% U_m & \text{se } U_m \geq 1 \% U_{din} \\ 0,05 \% U_{din} & \text{se } U_m < 1 \% U_{din} \end{cases} \quad (2.7)$$

Onde:

U_m é a tensão da m-ésima ordem harmônica.

Classe S. A quantificação das tensões harmônicas deve ser feita para os $G_{sg,n}$ ou para os $G_{g,n}$, até pelo menos a 40ª harmônica. A incerteza máxima permitida (u_{max}) encontra-se especificada pela equação (2.8). A faixa de medição deve estar compreendida entre 10 % e 100 % do nível de compatibilidade da classe 2, declarado na norma IEC 61000-4-7. A DHT deve ser determinada com base nos valores $G_{sg,n}$ ou $G_{g,n}$. Neste método, a utilização do filtro *anti-aliasing* é opcional.

$$u_{max} = \begin{cases} 10 \% U_m & \text{se } U_m \geq 3 \% U_{din} \\ 0,30 \% U_{din} & \text{se } U_m < 3 \% U_{din} \end{cases} \quad (2.8)$$

2.2.2.8 Tensões Inter-Harmônicas

A técnica utilizada para a medição das tensões inter-harmônicas é a norma IEC 61000-4-7 . A base desta técnica não difere do método de quantificação usado nas tensões harmônicas para a classe A. No entanto, a norma não exige o cálculo para instrumentos classe S.

2.2.2.9 Sinais de Comunicação Através da Rede Elétrica (Main Signaling)

Somente os instrumentos classe A definem uma técnica para a quantificação desta grandeza. Trata-se de uma verificação do nível de tensão do sinal de comunicação para uma frequência portadora especificada pelo usuário. Se esta frequência está acima de 3 kHz, deve-se observar a norma IEC 61000-3-8. Deve-se quantificar o valor eficaz da tensão do sinal de comunicação à frequência escolhida de transmissão. O usuário deve ter a facilidade de selecionar um limiar de detecção acima de 0,3 % da U_{din} , bem como, um tempo de monitoração de até 120 s. A faixa de medição deve estar compreendida entre 0 % e o 15 % da U_{din} . A incerteza máxima permitida (u_{max}) encontra-se especificada pela equação (2.9). Esse tipo de grandeza, contudo, não é utilizada no Brasil.

$$u_{max} = \begin{cases} 5 \% \times U_t & \text{se } 3 \% \leq U_t \leq 15 \% \times U_{din} \\ 0,15 \% \times U_{din} & \text{se } 1 \% \leq U_t < 3 \% \times U_{din} \\ \infty & \text{se } U_t < 1 \% \times U_{din} \end{cases} \quad (2.9)$$

Onde:

U_t é o valor do sinal de comunicação transmitida.

2.2.2.10 Parâmetros de desvio superior e desvio inferior

A técnica exibida para a quantificação destes parâmetros é somente estabelecida nos métodos de medição classe A. Os parâmetros de desvio superior (U_{sup}) e de desvio inferior (U_{inf}) são quantificados conforme as equações (2.10) e (2.11), respectivamente, para os diferentes intervalos de tempo. Os valores de $U_{rms-sup(i)}$ e $U_{rms-inf(i)}$, necessários para calcular os valores de U_{sup} e U_{inf} , são determinados pelas as equações (2.12) e (2.13). A incerteza e a faixa de medição dos parâmetros de U_{sup} e U_{inf} são congruentes com os requisitos metrológicos exigidos na grandeza da magnitude da tensão elétrica.

$$U_{sup} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_{rms-sup(i)}^2}{N}} - U_{din}}{U_{din}} \times 100 \text{ [%]} \quad (2.10)$$

$$U_{inf} = \frac{U_{din} - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_{rms-inf(i)}^2}{N}}}{U_{din}} \times 100 \text{ [%]} \quad (2.11)$$

$$U_{rms-sup(i)} = \begin{cases} U_{din} & \text{se } U_{12(i)} < U_{din} \\ U_{12(i)} & \text{se } U_{12(i)} \geq U_{din} \end{cases} \quad (2.12)$$

$$U_{rms-inf(i)} = \begin{cases} U_{din} & \text{se } U_{12(i)} > U_{din} \\ U_{12(i)} & \text{se } U_{12(i)} \leq U_{din} \end{cases} \quad (2.13)$$

Onde:

U_{12} é o valor da magnitude da tensão quantificado no intervalo do tempo de 12 ciclos; e

N é o número total de intervalos de tempo de 12 ciclos durante o intervalo de agregação.

Essa grandeza deixou de ser obrigatória com a publicação da terceira edição da IEC 61000-4-30.

As Tabelas 2.1 e 2.2 exibem, respectivamente, as incertezas máximas permitidas pela norma e a faixa de influência em que cada parâmetro da QEE deve ser analisado.

Tabela 2.1: Requisitos metrológicos dos parâmetros da QEE conforme IEC

Parâmetro	Classe	Faixa	Incerteza
Frequência Elétrica	A	51 Hz ~ 69 Hz	10 mHz
	S	51 Hz ~ 69 Hz	50 mHz
Magnitude da Tensão Elétrica	A	10 % ~ 150 % U_{din}	0,1 % U_{din}
	S	20 % ~ 120 % U_{din}	0,5 % U_{din}
Flutuação da Tensão Elétrica	A	0,2 ~ 10 Pst	5 % da Leitura
	S	0,4 ~ 4 Pst	5 % da Leitura
Afundamentos e Elevações de Tensão	A	NA	Amplitude - 0,2 % da U_{din}
			Duração - 1 ciclo
	S	NA	Amplitude - 1 % da U_{din}
			Duração - 2 ciclos
Interrupções	A	NA	Duração - 1 ciclo
	S	NA	Duração - 2 ciclos
Desequilíbrio de Tensão Elétrica	A	1 % ~ 5 % da u_-	0,15 %
		1 % ~ 5 % da u_o	
	S	1 % ~ 5 % da u_-	0,30 %
		1 % ~ 5 % da u_o ¹	
Tensões Harmônicas	A	10 % ~ 200 % Classe 1 IEC 61000-4-7	5 % U_m se $U_m \geq 1 \% U_{nom}$ 0,05 % U_{nom} se $U_m < 1 \% U_{nom}$
	S	10 % ~ 100 % Classe 2 IEC 61000-4-7	10 % U_m se $U_m \geq 3 \% U_{nom}$ 0,30 % U_{nom} se $U_m < 3 \% U_{nom}$
Tensões Inter-Harmônicas	A	10 % ~ 200 % Classe 3 IEC 61000-2-4	5 % U_m se $U_m \geq 1 \% U_{nom}$ 0,05 % U_{nom} se $U_m < 1 \% U_{nom}$
	S	NA	NA
Sinais de Comunicação Através da Rede	A	0 % ~ 15 % U_{din}	veja equação (2.9)
	S	EPF	EPF
Parâmetros Desvio Superior e Inferior	A	NA	0,1 %
	S	NR	NR

¹ A medição de sequência zero é opcional para instrumentos Classe S.

NA = Não aplica.

EPF = Especificado pelo fabricante.

NR = Não requerido.

Tabela 2.2: Faixas das grandezas de influência sobre os parâmetros da QEE conforme a IEC

Parâmetro	Classe	Faixa das grandezas de influência
Frequência Elétrica	A	51 Hz \sim 69 Hz
	S	51 Hz \sim 69 Hz
Magnitude da Tensão Elétrica	A	10 % \sim 200 % U_{din}
	S	10 % \sim 150 % U_{din}
Flutuação da Tensão Elétrica	A	0 \sim 20 Pst
	S	0 \sim 10 Pst
Afundamentos e Elevações	A	NA
	S	NA
Interrupções	A	NA
	S	NA
Desequilíbrio de Tensão Elétrica	A	0 % \sim 5 % da u_- , 0 % \sim 5 % da u_o
	S	0 % \sim 5 % da u_-
Tensões Harmônicas	A	200 % da classe 3 da IEC 61000-2-4
	S	200 % da classe 3 da IEC 61000-2-4
Tensões Inter-Harmônicas	A	200 % da classe 3 da IEC 61000-2-4
	S	200 % da classe 3 da IEC 61000-2-4
Sinais de comunicação Através da rede elétrica	A	0 % \sim 15 % da U_{din}
	S	0 % \sim 15 % da U_{din}
Parâmetros de Desvio Superior / Inferior	A	NA
	S	NA
Transitórios IEC 61180	A	6 kV pico
	S	NR
Transitórios Rápidos IEC 61000-4-4	A	4 kV pico
	S	NR

NA = Não aplica.

NR = Não requerido.

2.3 IEC 62586

A IEC 62586-2 especifica testes funcionais e testes para verificação da incerteza com o objetivo de verificar a conformidade do instrumento classe A ou classe S com os métodos de medição estabelecidos na IEC 61000-4-30. A IEC 62586 é, portanto, um complemento da norma citada no início do capítulo. A norma possui até o momento duas partes, a primeira publicada em 2013 (IEC 62586-1) e a segunda, em 2017 (IEC 62586-2).

2.3.1 Requisitos gerais de testes

A IEC 62586-1 define os requisitos aos quais devem cumprir os produtos que alegam atender à norma IEC 61000-4-30, classes A e S. As cláusulas 4 e 5 dessa norma apresentam um resumo de todos os testes a serem realizados, além da de-

finição de todos os pontos de teste para cada um dos parâmetros de qualidade de energia. As cláusulas 6 e 7 definem o procedimento detalhado do teste funcional de tipo para instrumentos classe A e S, respectivamente.

Para atender a norma, os fabricantes têm que adequar os seus instrumentos para fornecer os registros definidos pela norma, tais como:

- Valores agregados a cada 10/12 ciclos (200 ms);
- Valores agregados a cada 150/180 ciclos (3 segundos);
- Valores agregados de 10 minutos;
- Valores agregados de 2 horas;
- Valores de dez segundos para a frequência.

Para cada registro, o instrumento deve disponibilizar os dados de data e hora, informação de marcação (*flagging*) entre outros.

2.3.2 Testes funcionais

Os testes funcionais da IEC 62586-2 têm por objetivo verificar o cumprimento aos seguintes pontos:

- Verificação do método de medição e agregação de medidas;
- Incertezas de medição:
 - Sob condições de referência;
 - Sob influência de um outro distúrbio (magnitude de tensão, frequência, harmônicos, etc).
- Incertezas de operação, devido a variação de grandezas externas (temperatura, tensão de alimentação, etc.).

Os testes de incerteza da medição da IEC 62586-2 contemplam no máximo a simultaneidade apenas de um sinal com o sinal de referência. Contudo, a IEC 62586-1 além de contemplar ensaios que testam a influência de um parâmetro sobre o de referência, há testes de incerteza que contemplam simultaneamente todos os parâmetros da QEE. A Tabela 2.3 mostra os pontos de teste M1 M2 e M3. Como pode ser observado, com exceção do ponto M1 em que não há influência de outros parâmetros, os outros pontos M2 e M3 possuem influências simultâneas de todos os

outros distúrbios (frequência, magnitude da tensão, *flicker*, desequilíbrio de tensão, harmônicas e inter-harmônicas).

Tabela 2.3: Lista dos parâmetros de influência simultâneos da primeira edição da IEC 62586

Parâmetro de Influência	M1	M2	M3
Frequência 50 e 60 Hz	$f_{nom} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$
Magnitude da Tensão	$U_{din} \pm 1$	Determinado pelo flicker, desequilíbrio, harmônicas e inter-harmônicas (abaixo)	Determinado pelo flicker, desequilíbrio, harmônicas e inter-harmônicas (abaixo)
Flicker	$Pst < 0.1$	$Pst = 1 \pm 0.1$ - modulação retangular a 39 variações por minuto	$Pst = 4 \pm 0.1$ - modulação retangular a 110 variações por minuto
Desequilíbrio de Tensão	$100\% \pm 0.5\%$ de U_{din} em todas as fases	$73\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase A $80\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase B $87\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase C	$152\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase A $140\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase B $128\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase C
Harmônicos	0% a 3% de U_{din}	3ª harmônica $10\% \pm 3\%$ de U_{din} 5ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din} 29ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din}	7ª harmônica $10\% \pm 3\%$ de U_{din} 13ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din} 25ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din}
Inter-harmônicos	0% a 0.5% de U_{din}	$1\% \pm 0.5\%$ de U_{din} na $7.5 f_{nom}$	$1\% \pm 0.5\%$ de U_{din} na $3.5 f_{nom}$

A exemplo da Tabela 2.3, todos os ensaios exigidos pela IEC 62586-2 seguem pontos de teste estabelecidos em tabelas para todos os parâmetros da QEE.

A Tabela 3 da IEC 62586-2, representada em parte pela Tabela 2.4, apresenta uma lista dos pontos de teste (P1 até P5) para os parâmetros de frequência e magnitude de tensão.

A Tabela 4 da norma, aqui representada em parte pela Tabela 2.5 (frequência e magnitude da tensão), apresenta os estados de teste (S1 até S4) dos distúrbios simples de influência, o que permite verificar a incerteza de um determinado parâmetro sob a influência da variação de outro parâmetro.

Por último, os últimos pontos de testes são tabelas 5 e 6 da norma, aqui representadas pelas Tabelas 2.6 e 2.7 respectivamente, definem os valores de influência das grandezas externas, respectivamente temperatura e tensão de alimentação.

Tabela 2.4: Pontos de teste para frequência e magnitude de tensão

Parâmetro	Classe	P1	P2	P3	P4	P5
Frequência 50 Hz	A ou S	42.5 Hz	50.05 Hz	57.5 Hz	50 Hz	N.A
Frequência 60 Hz	A ou S	51 Hz	69 Hz	69 Hz	60 Hz	N.A
Magnitude da Tensão	A	10% U_{din}	45% U_{din}	80% U_{din}	115% U_{din}	150% U_{din}
	S	20% U_{din}	45% U_{din}	70% U_{din}	95% U_{din}	120% U_{din}

Tabela 2.5: Pontos de teste de influência da frequência e magnitude de tensão em outros parâmetros

Parâmetro	Classe	S1	S2	S3	S4
Frequência 50 Hz	A ou S	42.5 Hz	50 Hz	57.5 Hz	N.A
Frequência 60 Hz	A ou S	51 Hz	60 Hz	69 Hz	N.A
Magnitude da Tensão	A	10% U_{din}	N.A	200% U_{din}	N.A
	S	20% U_{din}	N.A	150% U_{din}	N.A

Tabela 2.6: Influência da temperatura

Influência	ET1	ET2	ET3
Temperatura	Temperatura mínima da faixa de variação de temperatura operacional do instrumento	Pior temperatura estabelecida pelo fabricante entre 0° C e 45° C	Temperatura máxima da faixa de variação de temperatura operacional do instrumento

Tabela 2.7: Influência de tensão auxiliar na alimentação do instrumento

Influência	EV1	EV2
Tensão auxiliar na alimentação do instrumento	U_{min} estabelecido pelo fabricante	U_{max} estabelecido pelo fabricante

2.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou um resumo das duas principais normas internacionais da QEE que abrangem os temas de caracterização dos fenômenos associados à energia elétrica. Enquanto a IEC 61000-4-30 apresenta as técnicas e os métodos de medição dos parâmetros da QEE, a IEC 62586 define os procedimentos dos testes que devem ser realizados para a verificação dos padrões da IEC 61000-4-30.

Capítulo 3

Metodologias para Avaliação dos Instrumentos da QEE

3.1 Considerações Iniciais

De acordo com os resultados da pesquisa na literatura atinente dos estudos que versam sobre o citado tema, é possível identificar, no Brasil, duas metodologias que têm como objetivo comum verificar o desempenho dos instrumentos voltados à medição da QEE. Neste trabalho, elas serão denominadas de Met-ONS [14] e Met-UnB [13]. A seguir, tem-se a apresentação de cada uma delas.

3.2 Análise da Met-ONS

O texto que descreve a Met-ONS é uma cópia do documento [11]. Tal metodologia objetiva analisar o desempenho funcional de instrumentos de medição quanto aos seguintes indicadores: distorções harmônicas; desequilíbrios de tensão; flutuações de tensão (flicker); variações de tensão de curta duração; variações de tensão em regime permanente. Para tanto, tem-se uma sequência de ensaios estabelecida no que os autores denominaram de "Caderno de Testes". Eles são classificados em 5 grandes conjuntos de resultados (Módulos), e acompanhados de um identificador numérico. Dentro desta lógica de organização, os grupos de ensaios culminaram em 42 (quarenta e dois) ensaios distintos. A seguir, são descritos os módulos, seus objetivos, os tipos de sinais e a identificação utilizada neste documento.

Módulo 1 - Medição de tensões harmônicas - Ensaios de 1 a 14: Esta etapa consiste na realização de testes com tensões distorcidas, superpostas à funda-

mental. Trata-se da aplicação simultânea de componentes harmônicas equilibradas sobre a fundamental. Além de formas de onda estáveis no tempo, são também produzidas situações em que as distorções são variadas ao longo do período de teste. A análise de desempenho para frequência fundamental de 60 Hz e outras, nas imediações desta, foram também incorporadas nesta fase dos trabalhos.

Módulo 2 - Medição de desequilíbrios de tensão - Testes 15 a 18: Testes relacionados a desbalanceamentos consideram situações em que assimetrias estão presentes apenas na tensão fundamental. Os testes são realizados com valores constantes para os desequilíbrios, assim como fenômenos variáveis são utilizados ao longo do tempo. Vale ressaltar que a expressão utilizada como referência para a definição do grau de desequilíbrio foi a das componentes simétricas.

Módulo 3 - Medição de flutuações de voltagem (Flicker) - Ensaio de 19 a 24: Ensaio voltado para a análise de instrumentos de medição sob ponto de vista de *Flicker* compreendem a geração de sinais trifásicos de tensões fundamentais moduladas através de função quadrada. Assim procedendo, por meio do controle da amplitude de oscilação e sua correspondente frequência, reproduz-se diferentes valores para o indicador Pst. Cada ensaio está atrelado a um valor distinto para esta grandeza.

Módulo 4 - Medição de VTCDs - 1ª parte - Ensaio de 25 a 35: Nesta primeira etapa dos ensaios relacionados com VTCDs, apenas os fenômenos associados com afundamentos de tensão são considerados, de forma equilibrada e desequilibrada, com uma única ocorrência e também eventos distintos sequenciais.

Módulo 4 - Medição de VTCDs - 2ª parte - Ensaio de 36 a 39: Complementando os testes de VTCDs, nesta fase dos trabalhos, as mesmas condições supramencionadas foram repetidas, acrescentando-se os fenômenos relacionados com elevações da tensão.

Módulo 5 - Medição de variações de tensão em regime permanente Ensaio de 40 a 42: Nesta categoria são investigadas as variações de tensão de longa duração, considerando afundamentos e elevações de tensão ocorrendo uma única vez. Os estudos empregam tensões trifásicas, equilibradas, fundamentais sem variação de frequência. Adicionalmente, as variações consideradas se apresentam de forma contínua para todos os ensaios, a exceção do 42, para o qual reproduz-se

variações de tensão com alternância de valores.

3.3 Procedimentos para a Determinação da Incerteza da Met-ONS

- **Cálculo dos erros para fins da classificação:** Estrategicamente, poder-se-ia utilizar diferentes procedimentos para se classificar os resultados obtidos das medições. A opção adotada consiste em estabelecer como referência os valores definidos para os indicadores de qualidade, conforme o Caderno de Testes, os quais foram implementados em uma fonte programável e aplicados durante os ensaios. A partir destes, calcula-se os erros (equação (3.1)), que são determinados pela diferença entre os níveis padrões (valor gabarito) e aqueles encontrados e documentados pelos fabricantes/representantes (valor medido).

$$Erro = \frac{Medido - Gabarito}{Gabarito} 100[\%] \quad (3.1)$$

Vale ainda observar que, adicionalmente ao critério descrito, realizou-se para os módulos de ensaios relacionados com tensões harmônicas, flutuação de tensão e variações de tensão em regime permanente, uma avaliação de erro complementar. Como os valores medidos de cada fase nem sempre são iguais, é necessário identificar se há uma discrepância muito grande entre os valores medidos de cada fase e o gabarito. Para identificar essa diferença, utiliza-se a equação 3.2, em que para um determinado ensaio, MaxValor é o maior valor medido entre as fases e MinValor é o menor valor medido entre as fases.

$$Erro = \frac{MaxValor - MinValor}{MaxValor} 100[\%] \quad (3.2)$$

Finalmente, para o caso dos ensaios de VTCDs, o cálculo dos erros relacionados com a duração dos eventos é feito levando-se em consideração o tempo obtido pelo equipamento e sua proximidade do valor padrão em termos de número de ciclos.

- **Atribuição de conceitos de desempenho por teste:** Uma vez expresso o desempenho do equipamento quando da medição de uma determinada variável, na forma de um erro quantificado numericamente, este é, na sequência, comparado a um valor limite, sendo que, a diferença entre estes valores deter-

Tabela 3.1: Atribuição de Conceitos

Parâmetro	Faixa de Erros [%]	Conceito
Tensão em Regime Permanente	$0 \leq \text{Erro} \leq 1$	Aprovado
Distorções Harmônicas	$0 \leq \text{Erro} \leq 2$	Aprovado
Desequilíbrio de Tensão	$0 \leq \text{Erro} \leq 2$	Aprovado
Amplitude das VTCDs	$0 \leq \text{Erro} \leq 2$	Aprovado
Flutuação de Tensão	$0 \leq \text{Erro} \leq 2$	Aprovado

minará o conceito a ser atribuído ao medidor. A correlação empregada está exposta na Tabela 3.1.

Para o caso das VTCDs, além dos erros percentuais de amplitude e de número de eventos, são também contabilizados os desvios na duração dos distúrbios em relação ao valor padrão. Assim, a atribuição do conceito referente à duração será tratada conforme estabelecido na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Atribuição de Conceitos Segundo o Desempenho - Duração VTCDs

Faixa de Erro [Ciclos]	Conceito
$0 \leq \text{Erro} \leq 2$	Aprovado
$\text{Erro} > 2$	Reprovado

- Critério para Aprovação do Equipamento por Módulo: Após a atribuição dos conceitos, o equipamento será considerado aprovado em um determinado módulo, se os erros encontrados em todos os ensaios que compreendem este módulo, forem iguais ou menores do que os limites estabelecidos nas Tabelas 3.1 e 3.2.

3.4 Análise da Met-UnB

Trata-se de uma metodologia para a avaliação do desempenho dos analisadores da QEE com base nos aspectos técnicos e metrológicos solicitados pela norma IEC 61000-4-30 [5]. A metodologia é composta por questionários e ensaios laboratoriais que, aplicados sobre o instrumento de medição em avaliação (IMA), expressam o desempenho do mesmo quando do cálculo dos parâmetros da QEE.

A Met-UnB avalia os aspectos solicitados pela IEC 61000-4-30 por meio de três tipos de testes, a saber, testes tipo Q (Questionários), testes tipo V (Verificação), e testes tipo C (Calibração). A seguir, são expostos os testes de desempenho e os procedimentos para a execução da mencionada metodologia

Testes tipo Q: Estes testes avaliam os aspectos técnicos que não estão relacionados diretamente com as grandezas da energia elétrica. Tais aspectos são verificados por meio de perguntas objetivas elaboradas segundo as exigências da norma. Caso o IMA contemple as capacidades demandadas, o laudo será "Conforme". Caso contrário, ele será "Não Conforme".

Testes Tipo V: Os testes tipo V têm como objetivo verificar os aspectos técnicos relacionados diretamente com as grandezas da energia elétrica. Trata-se de comparações entre os resultados das medições do IMA e do sistema de medição padrão (SMP), quando o IMA é submetido a diversos sinais previamente selecionados. Com base nas características dos sinais empregados, verifica-se se o IMA faz uso dos métodos e das técnicas de medição exigidas pela norma. Os sinais mudam de acordo com a avaliação em curso. Os seguintes ensaios compõem os testes tipo V:

- **Atenuação de harmônicas:** Este teste objetiva avaliar a atenuação de componentes harmônicas na medição da frequência elétrica. Para isso, submete-se o IMA a sinais com tensões harmônicas.
- **Valor eficaz verdadeiro:** Este teste tem como objetivo avaliar se o algoritmo implementado no cálculo da magnitude da tensão é o valor eficaz verdadeiro. Para isso, o IMA é submetido a formas de ondas não senoidais (ondas quadradas, triangulares, retificadas, etc.).
- **Componentes simétricas:** Este teste tem o objetivo de avaliar se o algoritmo implementado no cálculo do desequilíbrio de tensão é o método das componentes simétricas ou do CIGRÉ. Para isso, o IMA é submetido a sistemas trifásicos que evidenciam, por meio dos resultados encontrados, se o método empregado para a quantificação do desequilíbrio é um dos exigidos pela norma.
- **Filtro anti-aliasing:** Este teste tem o objetivo de avaliar se a aplicação do filtro anti-aliasing está de acordo com o que demanda a norma IEC 61000-4-30. Para isso, o IMA é submetido a tensões harmônicas de ordem superior àquelas que ele consegue medir.
- **Medição dos sinais de tensão da comunicação:** Este método mede o nível do sinal de tensão em frequências portadoras especificadas pelo usuário. Para isso, o IMA é submetido a sinais de comunicação em diferentes frequências.
- **Medição de parâmetros de desvio superior e desvio inferior:** Este teste tem o objetivo de verificar os métodos de medição dos parâmetros de

desvio superior e desvio inferior. Para isso, o IMA é submetido a vários níveis de tensão acima e abaixo da Udin.

Após a execução de um teste tipo V, o IMA exibe uma medida que é utilizada para o cálculo do erro tipo V (E_v), dado pela equação (3.3). Se o E_v for menor ou igual a incerteza máxima permitida pela IEC 61000-4-30, o laudo é "Conforme". Caso contrário, ele é "Não Conforme".

$$E_v = |V_{IMA} - V_{SMP}| \quad (3.3)$$

Onde: V_{IMA} é o resultado da medição do IMA; V_{SMP} é o resultado da medição do SMP.

Testes Tipo C: Os testes tipo C têm o objetivo de verificar os requisitos metro-lógicos. Trata-se da estimação dos erros de medição de acordo com os procedimentos de calibração, quando da quantificação de um determinado parâmetro da QEE. Os erros são determinados na faixa de medição requerida pela norma. As características dos sinais aplicados sobre o IMA permitem identificar o seu desempenho metrológico em três diferentes condições da forma de onda de tensão. Estas condições, apresentadas na Tabela 3.3, referem-se ao desvio de frequência, grau de flutuação, grau de desequilíbrio e grau de distorção harmônica do sinal. A Tabela 3.3 exibida nessa metodologia é a Tabela 2.3 do capítulo anterior. Os testes tipo C são divididos em:

- **Valores constantes:** Trata-se de ensaios que verificam o desempenho metrológico do IMA quando as características do parâmetro em medição são mantidas constantes no tempo. Estes testes estão presentes na avaliação da frequência elétrica, da magnitude da tensão, da flutuação, do desequilíbrio de tensão, das tensões harmônicas e inter-harmônicas. Cada parâmetro em avaliação é aplicado sobre o IMA, separadamente, considerando-se as três condições citadas na Tabela 3.3.
- **Valores variáveis:** Trata-se de ensaios que verificam o desempenho metrológico do IMA quando as características do parâmetro mudam no tempo. Estes testes estão presentes na avaliação da frequência elétrica, da magnitude da tensão, do desequilíbrio de tensão e das tensões harmônicas. Cada parâmetro em avaliação é aplicado sobre o IMA de tal forma que as características em análise variem ciclicamente por um período igual a um intervalo de tempo de agregação.

- **Eventos:** Estes ensaios têm como objetivo verificar o desempenho metrológico do IMA na caracterização dos afundamentos, das elevações e das interrupções de tensão:

- **Amplitude do evento:** Esta grandeza é analisada com base na aplicação, sobre o IMA, de afundamentos e de elevações com diversas amplitudes e a mesma duração.
- **Duração do evento:** Esta grandeza é analisada com base na aplicação, sobre o IMA, de afundamentos, elevações e interrupções de tensão com a amplitude constante e com diferentes durações.

Tabela 3.3: Condições dos Testes Tipo C

Parâmetro de Influência	M1	M2	M3
Frequência 50 e 60 Hz	$f_{nom} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$
Magnitude da Tensão	$U_{din} \pm 1$	Determinado pelo flicker, desequilíbrio, harmônicas e inter-harmônicas (abaixo)	Determinado pelo flicker, desequilíbrio, harmônicas e inter-harmônicas (abaixo)
Flicker	Pst < 0.1	Pst = 1 ± 0.1 - modulação retangular a 39 variações por minuto	Pst = 4 ± 0.1 - modulação retangular a 110 variações por minuto
Desequilíbrio de Tensão	$100\% \pm 0.5\%$ de U_{din} em todas as fases	$73\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase A $80\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase B $87\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase C	$152\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase A $140\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase B $128\% \pm 0.5\%$ de U_{din} Fase C
Harmônicos	0% a 3% de U_{din}	3ª harmônica $10\% \pm 3\%$ de U_{din} 5ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din} 29ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din}	7ª harmônica $10\% \pm 3\%$ de U_{din} 13ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din} 25ª harmônica $5\% \pm 3\%$ de U_{din}
Inter-harmônicos	0% a 0.5% de U_{din}	$1\% \pm 0.5\%$ de U_{din} na $7.5 f_{nom}$	$1\% \pm 0.5\%$ de U_{din} na $3.5 f_{nom}$

3.5 Procedimentos para a Determinação da Incerteza da Met-UnB

A Met-UnB utiliza para o cálculo do erro o guia ISO-GUM. Este é um guia de avaliação universal e aplicável a todas as espécies de medição e a todos os tipos de dados de entrada usados nas medições. Esse Guia estabelece regras gerais para avaliar e expressar incerteza em medição, as quais foram planejadas para serem aplicadas a um largo espectro de medições. O GUM foi preparado por um grupo de

trabalho conjunto formado por especialistas nomeados pelo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*), pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), pela Organização Internacional de Normalização (ISO) e pela Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML). A seguir, é descrito o procedimento para o cálculo do erro da Met-UnB.

3.5.1 Cálculo da Tendência

O primeiro passo para expressar a incerteza de medição, é calcular os valores da tendência observada e da tendência estimada. A tendência observada t_i é a diferença entre os valores das medições v_i , e os seus respectivos valores padrões v_{Pi} .

O cálculo da tendência estimada $t(v_i)$ é efetuado com base no uso da equação (3.4). A equação (3.4), representa a curva de calibração linear das amostras do IMA, Figura 3.1.

$$t(v_i) = a_0 + a_1(v_i - v_o) \quad (3.4)$$

Onde:

$t(v_i)$ é a tendência estimada do mensurando;

v_i é o mensurando (medições do sistema de medição a calibrar);

a_o é o coeficiente linear ;

a_1 é o coeficiente angular da curva;

v_o é uma referência convenientemente escolhida.

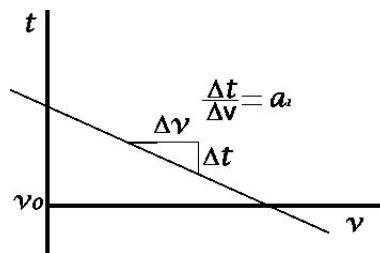


Figura 3.1: Modelo da tendência estimada $t(v_i)$ (curva de calibração linear)

O cálculo dos valores de a_o e a_1 baseia-se na aplicação do método dos mínimos quadrados para se efetuar o ajuste da tendência estimada. O método dos mínimos quadrados permite identificar o coeficiente angular a_o , equação (3.5), o coeficiente linear a_1 , equação (3.6), as variâncias $s(a_o)$ e $s(a_1)$, as equações (3.8) e (3.9), e a correlação $r(a_o, a_1)$, equação (3.10). De posse destes valores, tem-se a curva da ten-

dência.

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^N t_i \sum_{i=1}^N \theta_i^2 - \sum_{i=1}^N t_i \theta_i \sum_{i=1}^N \theta_i}{N \sum_{i=1}^N (\theta_i - \bar{\theta})^2} \quad (3.5)$$

$$a_1 = \frac{N \sum_{i=1}^N t_i \theta_i - \sum_{i=1}^N t_i \sum_{i=1}^N \theta_i}{N \sum_{i=1}^N (\theta_i - \bar{\theta})^2} \quad (3.6)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (t_i - t(v_i))^2}{N - 2} \quad (3.7)$$

$$s^2(a_0) = \frac{s^2 \sum_{i=1}^N \theta_i^2}{N \sum_{i=1}^N (\theta_i - \bar{\theta})^2} \quad (3.8)$$

$$s^2(a_1) = \frac{s^2}{\sum_{k=1}^N (\theta_k - \bar{\theta})^2} \quad (3.9)$$

$$r(a_0, a_1) = -\frac{\sum_{i=1}^N \theta_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N \theta_i^2}} \quad (3.10)$$

Onde:

s é a incerteza geral da calibração;

$\theta_i = v_i - v_o$;

N é o número de medições;

$\bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^N \theta_i}{N}$.

Se a escolha de v_o é tal que $\sum_{i=1}^N \theta_i = \sum_{i=1}^N (v_i - v_o) = 0$, o coeficiente de correlação $r(a_0, a_1)$ será igual a 0, o que simplifica a determinação dos parâmetros da curva de calibração.

3.5.2 Cálculo da Incerteza Padrão Combinada

Os erros aleatórios são estimados com base no cálculo da incerteza padrão combinada $u_c(v_i)$, descrita na equação (3.11), obtida da junção da incerteza padrão da calibração linear $u_t(v_i)$ e a incerteza padrão u_B . A incerteza u_t pode ser obtida empregando a lei da propagação da incerteza na equação (3.4). Com isso, obtém-se a função (3.12). A incerteza u_B é determinada por meios diferentes daquele adotado para a avaliação da incerteza padrão da calibração linear u_t .

$$u_c^2(v_i) = u_t^2(v_i) + u_B^2 \quad (3.11)$$

$$u_t^2(v_i) = s^2(a_0) + (v_i - v_o)^2 s^2(a_1) + 2(v_i - v_o) s(a_0) s(a_1) r(a_0, a_1) \quad (3.12)$$

Onde:

u_c é a incerteza combinada;

u_t é a incerteza padrão de calibração linear;

u_B é a incerteza padrão determinada por outros meios daquele adotado na avaliação da incerteza padrão u_t .

A estimativa da incerteza padrão u_B é efetuada observando informações disponíveis que não são empregadas na avaliação da expressão da incerteza u_t , a saber;

- Dados de medições anteriores;
- Experiência ou conhecimentos gerais do comportamento dos instrumentos;
- Especificações do fabricante;
- Erros atribuídos a dados de referência provenientes de manuais ou publicações;
- Procedimentos operacionais;
- Os efeitos das condições ambientais;
- A classe de exatidão do instrumento de medição indicada pelo fabricante;

Com base nos erros das observações e julgamentos da medição (u_j), determina-se a incerteza u_B , dada pela equação (3.13).

$$u_B^2 = \sum u_j^2 \quad (3.13)$$

3.5.3 Cálculo da Incerteza Expandida

O parâmetro adicional de incerteza que atende ao requisito de fornecer um intervalo de repetitividade é denominado incerteza expandida (U). A incerteza U é obtida multiplicando a incerteza u_c pelo fator de abrangência k , conforme a equação (3.14).

$$U(v_i) = k(v_i) u_c(v_i) \quad (3.14)$$

Onde:

U é a incerteza expandida;

k é o fator de abrangência.

O valor do fator de abrangência k é determinado pelo coeficiente t de *Student*, extraído da tabela da distribuição desta estatística. Sua determinação requer o conhecimento do valor da probabilidade (abrangência) desejada e do número de graus de liberdade efetivos (v_{eff}) da incerteza u_c . O valor de probabilidade comumente utilizado é 95%. O v_{eff} é calculado pela equação (3.15).

$$v_{eff}(v_i) = \left\lfloor \frac{u_c^4(v_i)}{\frac{u_t(v_i)}{v_t} + \frac{u_B}{v_B}} \right\rfloor \quad (3.15)$$

Onde:

v_{eff} é o número de graus de liberdade efetivos da incerteza u_c ;

v_t é o número de graus de liberdade da incerteza u_t , $v_t = N - 2$;

v_B é o número de graus de liberdade da incerteza u_B , geralmente infinito, exceto quando as informações estabelecem outro valor.

3.5.4 Elaboração da Curva de Erros

Uma ferramenta prática para se observar o comportamento dos sistemas de medição é a curva de erros. A curva de erros é formada por três linhas, conforme mostra a Figura 3.2. A linha central é a tendência estimada, a linha superior é a tendência estimada mais a incerteza expandida, e a linha inferior é a tendência estimada menos a incerteza expandida.

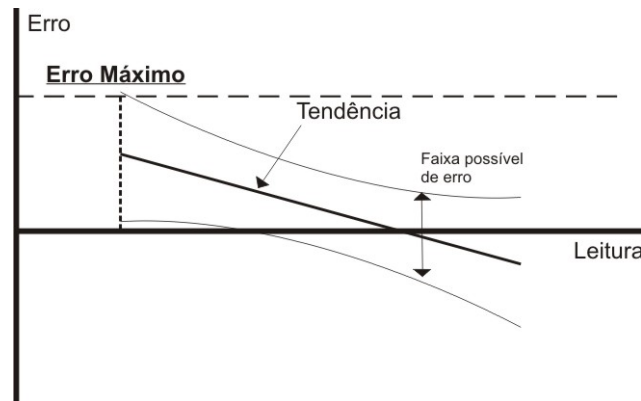


Figura 3.2: Modelo da Curva de Erros

Para que um instrumento de QEE seja aprovado utilizando esse critério, é necessário que as linhas mostradas na Figura 3.2 possuam valores menores que o módulo do erro máximo permitido para cada grandeza segundo a IEC 61000-4-30. Em consonância com as premissas estabelecidas, as Figuras 3.3 e 3.4 mostram respectivamente exemplos de gráfico em que houve e em que não houve conformidade. Os gráficos

em questão são dos testes de flutuação de tensão onde o termo Pst é referido por *Probability Short Term* (ver item 2.2.2.3)

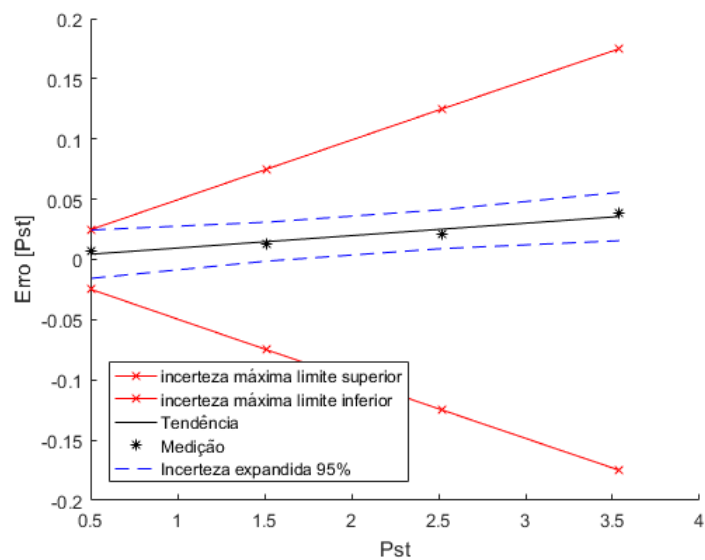


Figura 3.3: Exemplo de Conformidade

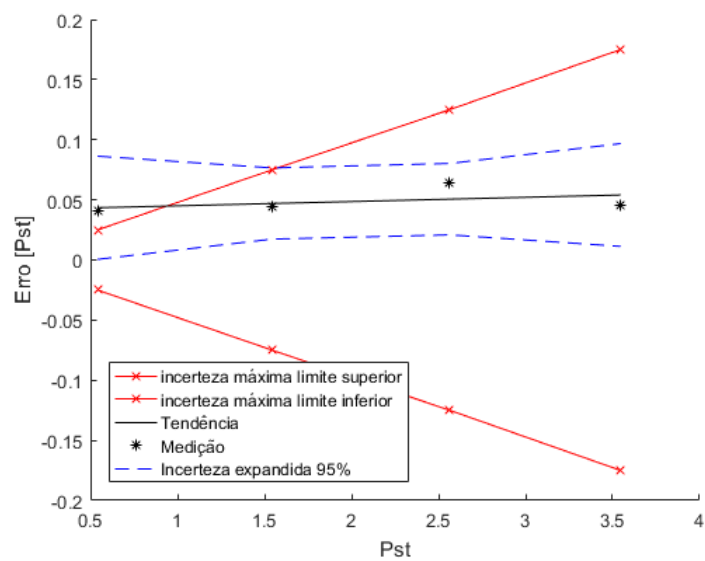


Figura 3.4: Exemplo de Não Conformidade

3.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a análise da Met-ONS e da Met-UnB. Essas duas metodologias diferem entre na metodologia de composição dos sinais elétricos dos ensaios e no modo em que é expresso a incerteza do IMA. A Met-ONS estabelece o próprio critério de cálculo da incerteza, como também a incerteza máxima permitida. A Met-UnB, por sua vez, além de seguir os aspectos técnicos e metrológicos definidos pela IEC 61000-4-30, faz uso dos métodos de quantificação de incerteza indicados pelo guia ISO-GUM.

Capítulo 4

Avaliação Comparativa entre as Metodologias

4.1 Considerações Iniciais

Dos capítulos anteriores, é possível observar que as metodologias empregadas no presente trabalho baseiam-se em três aspectos para avaliar o desempenho de um instrumento de medição. São eles:

- os testes de desempenho;
- o método de quantificação do erro de medição;
- a estratégia de atribuição do laudo.

Estes três aspectos, e ainda, os resultados da aplicação de cada uma das metodologias utilizando-se três analisadores diferentes (dois classe S e um classe A), serão empregados neste capítulo. Os resultados de cada metodologia estão descritos nos respectivos apêndices ao final deste documento.

4.2 Testes de Desempenho

Os testes de desempenho possibilitam a avaliação do IMA em laboratório, por meio da sua submissão a formas de ondas de tensão, que em geral, são semelhantes ao que se pode encontrar na rede elétrica. Embora os equipamentos empregados para gerar os sinais não sejam neste estudo analisados, destaca-se que é fortemente recomendado por especialistas da área de metrologia que eles tenham um nível de incerteza para cada parâmetro de QEE pelo menos três vezes menor do que o IMA em avaliação. Se esta condição não for atendida, pode-se chegar a resultados em

que o IMA é, de fato, o equipamento mais preciso no processo. Em função disso, sobretudo para a avaliação de instrumentos classe A, a estrutura laboratorial pode demandar elevados investimentos.

A fonte utilizada para os testes de desempenho neste estudo é a fonte Fluke 6135A que possui a FLuke 6105A como unidade mestre e duas unidades auxiliares Fluke 6106A. Esta fonte além de atender às exigências de precisão de teste da QEE para as normas da série IEC 61000-4 tanto para instrumentos classe A ou S, ela produz diversos sinais com alta precisão sobre uma, duas ou três fases independente e simultaneamente. A Tabela 4.1 mostra uma comparação entre as incertezas da fonte e as incertezas máximas permitidas pela IEC 61000-4-30. No manual da fonte, não foi possível identificar a incerteza das harmônicas. Contudo, no documento [18], os autores afirmam que este equipamento supera o nível de precisão requerido pela norma IEC 61000-4-7 [20].

Tabela 4.1: Incerteza da fonte Fluke e incertezas máximas classe A da IEC 61000-4-30

Parâmetro	Incerteza da Fonte Fluke	Incerteza IEC 61000-4-30
Frequência Elétrica	0.005%	0.015%
Magnitude da Tensão	0.005%	0.1%
Flicker	0.25%	5%
Inter-Harmônicas	1%	$5\% U_m$ se $U_m \geq 1\%U_{nom}$ $0.05\%U_{nom}$ se $U_m < 1\%U_{nom}$
Harmônicas	-	$5\% U_m$ se $U_m \geq 1\%U_{nom}$ $0.05\%U_{nom}$ se $U_m < 1\%U_{nom}$
Duração Dip/Swell	31 μs	1 ciclo

U_m = tensão harmônica;

U_{nom} = tensão nominal aplicada no instrumento;

- = não encontrado no manual da fonte.

A seleção dos sinais que são empregados nos testes pode ser efetuada buscando-se estabelecer uma faixa de variação da grandeza em análise reconhecida internacionalmente. As duas metodologias em avaliação no presente estudo, aparentemente, estruturaram os seus testes de desempenho em função das diretrizes internacionais da norma IEC 61000-4-30, ou seja, elas atendem a faixa de variação estabelecida neste documento para cada grandeza, e buscam verificar se o protocolo de medição empregado pelo instrumento está de acordo com o exigido. Apesar disso, os cadernos de testes das metodologias analisadas nesta investigação são significativamente diferentes entre si.

Da análise dos cadernos de testes, é também possível verificar que a Met-UnB é

composta por um conjunto de ensaios de regime permanente, para os quais tem-se a presença simultânea de mais de um tipo de fenômeno por sinal. Por esta razão, os sinais utilizados na Met-UnB se assemelham mais aos que se têm na rede elétrica do que os da Met-ONS.

Analisando-se ainda os testes de desempenho utilizados pelas metodologias em estudo, é possível observar que a Met-UnB divide os seus testes em três distintos tipos, com o objetivo de identificar, separadamente, as restrições técnicas (testes tipo V) e metrológicas (testes tipo C) do IMA. A Met-ONS não permite separar restrições técnicas de metrológicas.

A Met-UnB faz uso de todos os parâmetros de QEE observados na norma IEC 61000-4-30. São eles:

- Frequência elétrica;
- Magnitude da tensão elétrica;
- Cintilação (*Flicker*);
- Afundamentos e elevações de tensão
- Interrupções de tensão;
- Tensões transitórias;
- Desequilíbrio de tensão;
- Tensões harmônicas;
- Tensões inter-harmônicas;
- Mudanças rápidas de tensão;
- Comunicação de sinais em tensão através da rede elétrica;
- Medições de parâmetros de desvio superior e desvio inferior.

A Met-ONS, por sua vez, não avalia diretamente os parâmetros de frequência elétrica, inter-harmônicas, sequência zero de desequilíbrio, medições de parâmetro de desvio superior e inferior e comunicação de sinais em tensão.

O PRODIST Módulo 8, contudo, determina como grandezas de QEE os seguintes parâmetros:

- Tensão em regime permanente;
- Fator de potência;
- Harmônicos;

- Desequilíbrio de tensão;
- flutuação de tensão;
- Variação de frequência;
- Variações de tensão de curta duração - VTCD.

Uma vez que os dois últimos itens dos parâmetros de QEE da IEC 61000-4-30 não estão listados no PRODIST Módulo 8, não é necessário ensaios que testem essas grandezas.

4.3 Método de Quantificação dos Erros de Medição

Em avaliações de desempenho funcional de instrumentos, é natural o emprego de documentos que permitam a padronização internacional de requisitos e protocolos de medição. Isso representa uma forma eficiente de se eliminar a possibilidade de um instrumento ser aprovado por uma metodologia e reprovado em outra, simplesmente pelo fato de ter se empregado durante os ensaios diferentes faixas de variações de parâmetros de QEE. Pela mesma razão, é também natural que se padronize internacionalmente os métodos de cálculo de erros de medição.

No que se refere aos métodos de quantificação dos erros de medição, da análise das metodologias em estudo, é possível verificar que a Met-ONS não emprega um método de cálculo da incerteza reconhecido internacionalmente. Já a Met-UnB segue para o cálculo do erro de medição, as recomendações do ISO-GUM, método aceito pelo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*).

4.3.1 Met-ONS

Nessa seção, para avaliar a Met-ONS serão mostradas alguns exemplos de inconformidade que alguns ensaios da referida metodologia apresentam. Todos os resultados advindos da aplicação dos ensaios em laboratório da Met-ONS estão no apêndice A.

No ensaio 15 - Módulo de desequilíbrio de tensão - o sinal aplicado sobre o IMA 1 é equilibrado (Valor Gabarito = 0 %). Considerando-se que no denominador da equação (3.1) tem-se o valor gabarito, tal operação incorrerá em uma indeterminação. Com isso, conclui-se que, para este ensaio, não é possível atribuir um conceito

utilizando-se o método sugerido nesta metodologia para a quantificação dos erros de medição.

No ensaio 18 - Módulo do desequilíbrio de tensão (Apêndice A.1.3)- os valores da medição procedente do IMA 1 e o valor gabarito foram, respectivamente, iguais a 3.22 % e 3.14 %. Dado que o erro máximo permitido nesta metodologia é igual a 2%, o instrumento obteve o conceito reprovado. Porém, o erro absoluto (diferença entre o valor medido e o gabarito) é igual a 0,08%. Este valor é menor do que a incerteza máxima de medição permitida pela norma IEC 610000-4-30, que é igual a 0,30 % para instrumentos classe S, e 0,15 % para a classe A. Desse modo, se o procedimento adotado estivesse de acordo com a mencionada a norma, o conceito do instrumento seria aprovado.

A Tabela 4.2 apresenta parte dos resultados obtidos com a realização dos ensaios 23 e 24, referentes ao módulo flutuação de tensão. Como pode ser observado na Tabela 4.2, o IMA 1 é aprovado no ensaio 24 e reprovado no 23, muito embora os erros absolutos - coluna 6 da citada tabela - resultantes da diferença entre os valores medidos e o gabarito, sejam iguais. Os conceitos ora citados são oriundos do cálculo do erro percentual, equação (3.1), conforme estabelece a Met-ONS. Este cenário se justifica pelo fato do denominador desta equação ser o valor gabarito, que varia de teste para teste.

Tabela 4.2: Resultado dos ensaios 23 e 24

Ensaio	Medido[Pst]	Gabarito[Pst]	Erro[%]	Conceito	Erro Absoluto
23	1.48	1.45	2.06	Reprovado	0.030
24	2.07	2.04	1.47	Aprovado	0.030

Das análises ora expostas, é possível concluir que o método de quantificação do erro empregado na Met-ONS pode resultar em lacunas que distorcem o real desempenho do IMA.

4.3.2 Met-UnB

Da mesma forma que na seção anterior, para avaliar a Met-UnB serão mostradas alguns exemplos de inconformidade que alguns ensaios da referida metodologia apresentam. Todos os resultados advindos da aplicação dos ensaios em laboratório da Met-UnB estão no apêndice B.

A Tabela 4.3 apresenta os resultados obtidos com a realização do ensaio de desequilíbrio de tensão condição 3 no Instrumento 1. Como pode ser observado na Figura 4.1, a princípio, o resultado é não conforme.

Tabela 4.3: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 4 medições

Não conforme			
Resultado [%]	Gabarito [%]	V_{eff}	k
0.02	0	2	3.1824
5.1	5.0518	2	3.1824
5.03	4.9487	2	3.1824
1.78	1.531	2	3.1824

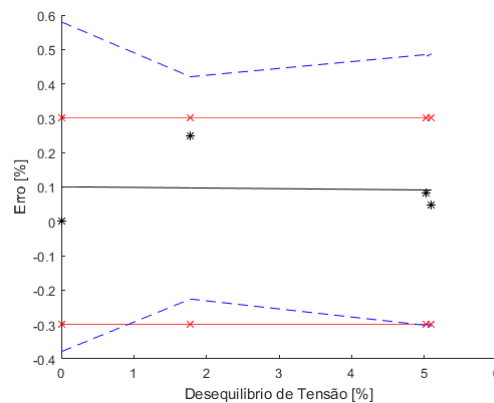


Figura 4.1: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 4 medições

A Tabela 4.4 mostra que a medida que são realizadas mais medições, é possível observar que o valor V_{eff} aumenta e o coeficiente k tem o seu valor reduzido. Por sua vez, a Figura 4.2 exibe que a incerteza expandida, representada pela linha pontilhada azul, teve seu valor reduzido, porém ela ainda não está dentro do limite da incerteza máxima permitida, representado pela linha vermelha contínua.

Tabela 4.4: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 5 medições

Não conforme			
Resultado [%]	Gabarito [%]	V_{eff}	k
0.02	0	3	3.1824
5.1	5.0518	3	3.1824
5.03	4.9487	3	3.1824
1.78	1.531	3	3.1824
5.85	5.7730	3	3.1824

A Tabela 4.5 exibe parte da Tabela T *Student*. Nela, são mostrados os graus de liberdade efetivos V_{eff} e fator de abrangência k para diferentes níveis de confiança.

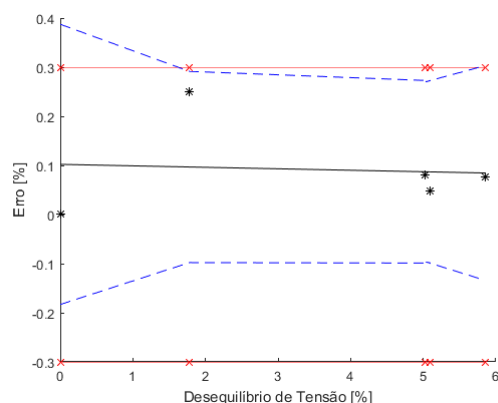


Figura 4.2: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 5 medições

Depreende-se da Tabela 4.5 que quanto mais medições forem feitas (V_{eff}), menor será o valor de k . Portanto, o valor da incerteza expandida (equação 3.14) será menor.

Tabela 4.5: Tabela T Student

Graus de Liberdade V_{eff}	68.27%	90%	95%	99%	99.73%
1	1.84	6.31	12.71	63.66	235.78
2	1.32	2.92	4.30	9.92	19.21
3	1.20	2.35	3.18	5.84	9.22
4	1.14	2.13	2.78	4.60	6.62
5	1.11	2.02	2.57	4.03	5.51
25	1.02	1.71	2.06	2.79	3.33
30	1.02	1.70	2.04	2.75	3.27
100	1.005	1.660	1.984	2.626	3.077
∞	1	1.645	1.960	2.576	3

Por esta razão, as Tabelas 4.6 e 4.7 com suas respectivas Figuras 4.3 e 4.4 exibem uma incerteza expandida cada vez menor até que ela se estabeleça dentro do limite máximo aceitável, como pode ser visto na Figura 4.4. À luz desta realidade, no método do ISO-GUM, para que o instrumento sobre avaliação não seja injustamente reprovado, é imperativo que se realizem muitas medições para evitar esse tipo de situação.

Tabela 4.6: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 6 medições

Não conforme			
Resultado [%]	Gabarito [%]	V_{eff}	k
0.02	0	4	2.7764
5.1	5.0518	4	2.7764
5.03	4.9487	4	2.7764
1.78	1.531	4	2.7764
5.85	5.7730	4	2.7764
3.45	3.3350	4	2.7764

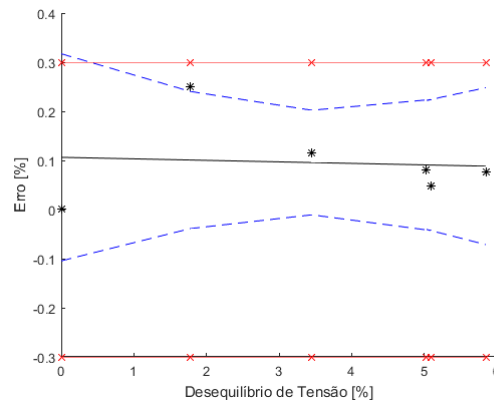


Figura 4.3: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 6 medições

Tabela 4.7: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 7 medições

Conforme			
Resultado [%]	Gabarito [%]	V_{eff}	k
0.02	0	5	2.5706
5.1	5.0518	5	2.5706
5.03	4.9487	5	2.5706
1.78	1.531	5	2.5706
5.85	5.7730	5	2.5706
3.45	3.3350	5	2.5706
4.57	4.52	5	2.5706

4.4 Atribuição do Laudo de Desempenho

A atribuição do laudo é uma consequência direta do método de quantificação do erro de medição empregado, e ainda, dos procedimentos estabelecidos por cada metodologia. Na verdade, o laudo é uma consequência da comparação dos resultados da quantificação do desempenho do instrumento (erros de medição) com a incerteza máxima estabelecida por cada metodologia.

Embora a IEC 61000-4-30 apresente as suas recomendações de incertezas máximas para cada parâmetro de QEE, reconhecidas e empregadas mundialmente, cada

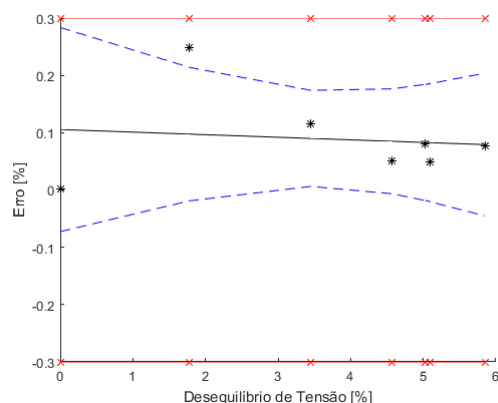


Figura 4.4: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - 7 medições

metologia pode estabelecer os valores que mais lhe convier. Neste trabalho, verificou-se que a Met-UnB adota as incertezas máximas sugeridas pela IEC 61000- 4-30. Já a Met-ONS apresenta os seus próprios patamares máximos de erros permitidos.

As Tabelas 4.8 e 4.9 exibem os laudos da aplicação das duas metodologias empregadas neste trabalho. Além disso, na Tabela 4.8, é possível observar quando da avaliação do parâmetro desequilíbrio de tensão, que as duas metodologias apresentaram laudo "Não Conforme" nos dois instrumentos. Isso ocorre, contudo, por motivos diferentes. Enquanto que na Met-ONS a não conformidade é devido à indeterminação do resultado (explicado no item 4.2.1), na Met-UnB é devido ao número insuficiente de medições (explicado no item 4.2.2).

Tabela 4.8: Resultado da Aplicação das Duas Metodologias em Estudo nos Instrumentos 1 e 2

Grandezas	Instrumento 1		Instrumento 2	
	Met-ONS	Met-UnB	Met-ONS	Met-UnB
Aspectos Gerais	Não Avaliado	Conforme	Não Avaliado	Conforme
Frequência Elétrica	Não Avaliado	Conforme	Não Avaliado	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Flutuação de Tensão	Não Conforme	Não Conforme	Não Conforme	Não Conforme
Variação de Tensão de Curta Duração	Conforme	Conforme	Não Conforme	Não Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Não Conforme	Não Conforme	Não Conforme	Conforme
Tensões Harmônicas	Não Conforme	Conforme	Não Conforme	Conforme

Da Tabela 4.8, é possível verificar quando da avaliação do parâmetro flutuação de tensão, que as duas metodologias conduziram a laudos "Não Conforme". Apesar disso, analisando-se em detalhes os resultados, constata-se que os erros de medição calculados são significativamente diferentes entre si. Além das diferenças entre os sinais de tensão utilizados em cada metodologia, segue como justificativa para este resultado, o fato dos métodos de cálculo do erro de medição serem diferentes entre si.

A Met-UnB em seus ensaios de flutuação de tensão aplica um desequilíbrio na

Tabela 4.9: Resultado da Aplicação das Duas Metodologias no Instrumentos 3

Grandezas	Instrumento 3	
	Met-ONS	Met-UnB
Aspectos Gerais	Não Avaliado	Não Conforme
Frequência Elétrica	Não Avaliado	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme	Conforme
Flutuação de Tensão	Não Conforme	Não Conforme
Variação de Tensão de Curta Duração	Não Conforme	Não Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Não Conforme	Não Conforme
Tensões Harmônicas	Não Conforme	Não Conforme

tensão. A norma IEC 61000-4-15 normaliza os valores de *flicker* para 1 Pst (*Probability Short Term*) na Tabela 4.10. Isto significa que aplicando-se, por exemplo, em um sistema 120 V 60 Hz uma flutuação de tensão de 1.040% com 39 variações retangulares por minuto, será obtido o valor de 1 Pst. Esse mesmo valor vale para todos os outros pontos da Tabela 4.10. Como pode ser observado, para se obter o mesmo valor 1 de Pst com a mesma variação retangular por minuto em sistemas de tensões distintos, são necessários dois valores diferentes de flutuação de tensão.

Tabela 4.10: Valores normalizados de Pst para 1 Pst

Variações Retangulares Por Minuto	Flutuação de Tensão [%]			
	120 V 60 Hz	230 V 50 Hz	120 V 50 Hz	230 V 60 Hz
1	3.181	2.715	3.178	2.719
2	2.564	2.191	2.561	2.194
7	1.694	1.450	1.694	1.450
39	1.040	0.894	1.045	0.895
110	0.844	0.722	0.844	0.723
1620	0.548	0.407	0.545	0.409
4000	-	2.343	3.426	-
4800	4.837	-	-	3.263

As harmônicas e, em especial, o desequilíbrio aplicados no ensaio de flutuação de tensão condições 2 e 3 da Met-UnB, tornam a tensão resultante muito diferente do padrão estabelecido pela Tabela 4.10, resultando em valores errôneos de Pst. Portanto, nesse tipo de teste não deve haver a presença simultânea de mais um tipo de fenômeno.

O Instrumento 3 apresentou diversas limitações quando da aplicação das duas metodologias. Essas limitações têm relação aos aspectos técnicos do próprio instrumento. Ele não mede a flutuação de tensão, embora em seu manual manifeste que

o equipamento seja capaz de medir valores de Pst. Outro fator restritivo para a obtenção plena dos resultados foi a falha na comunicação remota entre o instrumento e o computador. Para esse analisador, os dados referentes aos VTCDs são obtidos unicamente por meio dessa comunicação remota utilizando o *software* do fabricante.

Além disso, o instrumento não é capaz de realizar medições de sequência zero dos testes de desequilíbrio de tensão e medições referentes à inter-harmônicas. Dessa forma, devido às falhas apresentadas pelo Instrumento 3, os ensaios 19 a 39 da Met-ONS não foram realizados, quase metade dos ensaios dessa metodologia. E de forma semelhante, os testes de desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão e inter-harmônicos da Met-UnB não foram executados.

Com isso, é possível concluir que há discrepâncias de resultado entre as metodologias para um mesmo instrumento. Isso se deve às diferenças entre os testes de desempenho, os métodos de cálculo de erros, e aos limites máximos aceitáveis presentes em cada uma destas metodologias.

Com base nos aspectos ora mencionados, constata-se a necessidade de elaboração de uma metodologia alternativa para a avaliação do desempenho funcional dos instrumentos de medição de QEE, que associe em um único documento os procedimentos identificados como mais recomendáveis com base na análise comparativa dessas duas metodologias.

4.5 Considerações Finais

O presente capítulo foi focado na análise comparativa da Met-ONS e da Met-UnB. Embora a Met-ONS seja a metodologia oficial empregada na avaliação de instrumentos elétricos, ela apresenta diversas deficiências em sua aplicação:

- Esta metodologia apresenta as suas próprias incertezas máximas permitidas para cada grandeza da QEE, não seguindo a faixas metrológicas apresentadas pela IEC 61000-4-30;
- Um procedimento para a expressão da incerteza das medições que não está de acordo com nenhum documento de metrologia reconhecido; e
- Em seu caderno de testes, não há ensaios que testem a influências de distúrbios simultâneos de QEE.

A Met-UnB, por sua vez, apresenta também algumas lacunas em sua forma de avaliação:

- A realização de poucas medições em alguns testes pode resultar em laudo "Não Conforme";
- A presença simultânea de grandezas no teste de flutuação pode resultar em medições erradas.

Capítulo 5

Proposta de uma Metodologia Alternativa para a Avaliação de Instrumentos de Medição da QEE

5.1 Considerações Iniciais

A metodologia proposta nesta seção foi composta de forma a contemplar as principais vantagens observadas quando da análise da Met-ONS e da Met-UnB. Por esta razão, além da presença simultânea de parâmetros de QEE nos sinais empregados nos ensaios laboratoriais, são elaborados três tipos de testes para se avaliar os requisitos técnicos e metrológicos dos instrumentos, com base nas diretrizes da normas IEC 61000-4-30 e IEC 62586.

Devido às falhas técnicas apresentadas pelo Instrumento 3, os resultados da avaliação comparativa das duas metodologias não poderão ser empregados nesse equipamento. Optou-se, portanto, pela execução dos testes da metodologia proposta considerando-se somente os Instrumentos 1 e 2.

5.2 Testes tipo Q

Estes testes avaliam os aspectos técnicos que não estão relacionados diretamente com os parâmetros de QEE (intervalos de medição e *flagged*). Tais aspectos são verificados por meio de perguntas objetivas elaboradas de acordo com exigências da norma IEC 61000-4-30. O executor deve, para responder as questões que compõem os testes tipo Q, inspecionar os manuais do aparelho e comparar os resultados encontrados com o que é exigido pela norma. Caso o IMA contemple as capacidades

demandadas, o laudo será "Conforme". Caso contrário, ele será "Não Conforme".

5.3 Testes tipo V

Os testes tipo V têm como objetivo verificar os aspectos técnicos relacionados diretamente com os parâmetros de QEE (método de medição). De fato, trata-se de comparações entre os resultados das medições do IMA e do sistema de medição padrão (SMP), quando o IMA é submetido a diversos sinais. Com base nas características dos sinais empregados, é possível verificar se o IMA faz uso dos métodos e das técnicas de medição exigidas pela norma. Os sinais mudam de acordo com a avaliação em curso. A seguir, são exibidas algumas informações sobre cada item deste teste.

Atenuação de harmônicas: Este teste objetiva avaliar a atenuação de componentes harmônicas na medição da frequência elétrica. A execução da ação de atenuação das harmônicas visa filtrar as componentes que podem interferir no método de medição da frequência. O valor da frequência é calculado determinando-se o número de cruzamentos do sinal em um período de 10 s. Para isso, submete-se o IMA a sinais com tensões harmônicas. Esses sinais possuem três ou mais cruzamentos por zero durante o ciclo da f_{nom} . Empregando o sinal gerado pela equação (5.1), insere-se no IMA uma ou mais ordens harmônicas conhecidas, e com isso aumenta-se o número de cruzamentos no período de 10 s. Se o equipamento não atenuar a(s) harmônica(s) acrescida(s) à fundamental, ele apresentará um valor diferente ao que se espera, e por esta razão, ele não encontra-se de acordo com o que demanda a norma.

$$v(t) = U_{din} \cos(2\pi f_n t) + \sum_m U_m \cos(2\pi m f_n t + \theta_m) \quad (5.1)$$

Onde:

U_{din} é a tensão nominal empregada na avaliação;

f_n é a frequência empregada na avaliação (50 ou 60 Hz);

U_m é a amplitude da tensão harmônica selecionada pelo executor dos testes; e

θ_m é o ângulo da tensão harmônica selecionada pelo executor dos testes.

Valor Eficaz Verdadeiro: Este teste tem como objetivo avaliar se o algoritmo implementado no cálculo da magnitude da tensão é o valor eficaz verdadeiro. Para

isso, o IMA é submetido a formas de ondas não senoidais (ondas quadradas, triangulares, retificadas, etc.).

Componentes Simétricas: Este teste tem o objetivo de avaliar se o algoritmo implementado no cálculo do desequilíbrio de tensão é o método das componentes simétricas ou do CIGRÉ. Para isso, o IMA é submetido a sistemas trifásicos que evidenciam, por meio dos resultados encontrados, se o método empregado para a quantificação do desequilíbrio é um dos exigidos pela norma.

Filtro anti-aliasing: O objetivo deste teste é verificar se a aplicação do filtro anti-aliasing está de acordo com o que demanda a norma IEC 61000-4-30. Segundo este documento, o IMA deve, pelo menos, medir até a harmônica 40^a (Classe S) ou harmônica 50^a (Classe A). Na verdade, é exigido do IMA a filtragem das frequências maiores que aquelas que ele diz ser capaz de disponibilizar. Neste teste, empregando-se a equação (5.1), insere-se no sinal uma ou mais ordens harmônicas conhecidas, com frequência superior àquela indicada como limite. Ao aplicar sobre o IMA somente ordens harmônicas superiores àquela que o medidor diz ser capaz de identificar, a distorção harmônica total deve ser igual a zero. Se o valor da distorção harmônica total for diferente de zero, o IMA não está de acordo com o que exige a norma.

Avaliação do desempenho do IMA - Testes tipo V

Após a execução de um teste tipo V, o IMA exibe uma medida que é utilizada para o cálculo do erro tipo V (E_v), dado pela equação (5.2). Se o E_v é menor ou igual a incerteza máxima permitida pela norma, o laudo é "Conforme". Caso contrário, ele é "Não Conforme".

$$E_v = |V_{IMA} - V_{SMP}| \quad (5.2)$$

Onde:

V_{IMA} é a medição procedente do IMA;

V_{SMP} é a medição procedente da fonte.

5.4 Testes tipo C

Os testes tipo C têm o objetivo de verificar os requisitos metrológicos com base na aplicação de alguns sinais sobre o IMA, e por meio da utilização de um método de cálculo da incerteza presente na ISO-GUM. As características dos sinais

Tabela 5.1: Requisitos metrológicos dos parâmetros da QEE conforme IEC

Parâmetro	Classe	Faixa	Incerteza
Frequência Elétrica	A	51 Hz ~ 69 Hz	10 mHz
	S	51 Hz ~ 69 Hz	50 mHz
Magnitude da Tensão Elétrica	A	10 % ~ 150 % U_{din}	0,1 % U_{din}
	S	20 % ~ 120 % U_{din}	0,5 % U_{din}
Flutuação da Tensão Elétrica	A	0,2 ~ 10 Pst	5 % da Leitura
	S	0,4 ~ 4 Pst	5 % da Leitura
Afundamentos e Elevações de Tensão	A	NA	Amplitude - 0,2 % da U_{din}
			Duração - 1 ciclo
	S	NA	Amplitude - 1 % da U_{din}
			Duração - 2 ciclos
Interrupções	A	NA	Duração - 1 ciclo
	S	NA	Duração - 2 ciclos
Desequilíbrio de Tensão Elétrica	A	1 % ~ 5 % da u_-	0,15 %
		1 % ~ 5 % da u_o	
	S	1 % ~ 5 % da u_-	0,30 %
		1 % ~ 5 % da u_o ¹	
Tensões Harmônicas	A	10 % ~ 200 % Classe 3 IEC 61000-2-4	5 % U_m se $U_m \geq 1 \% U_{nom}$ 0,05 % U_{nom} se $U_m < 1 \% U_{nom}$
	S	10 % ~ 100 % Classe 3 IEC 61000-2-4	10 % U_m se $U_m \geq 3 \% U_{nom}$ 0,30 % U_{nom} se $U_m < 3 \% U_{nom}$
Tensões Inter-Harmônicas	A	10 % ~ 200 % Classe 3 IEC 61000-2-4	5 % U_m se $U_m \geq 1 \% U_{nom}$ 0,05 % U_{nom} se $U_m < 1 \% U_{nom}$
	S	EPF	EPF

¹ A medição de sequência zero é opcional para instrumentos Classe S.

NA = Não aplica.

EPF = Especificado pelo fabricante.

permitem avaliar para cada parâmetro da QEE, o algoritmo de agregação, e as faixas de medição, dentre outros aspectos. A Tabela 5.1 mostra a faixa de medição e a incerteza máxima exigidas para cada parâmetro.

Após a realização dos testes, o executor terá disponíveis dois conjuntos de medições: do IMA e do SMP. A avaliação final será efetuada em função da calibração do IMA com relação ao SMP. Os testes tipo C são divididos em três grupos, a saber:

Valores Constantes: Trata-se de ensaios que verificam o desempenho metrológico do IMA quando as características do parâmetro em medição são mantidas constantes no tempo. Estes testes estão presentes na avaliação da frequência elétrica, da magnitude da tensão, da flutuação, do desequilíbrio de tensão, das tensões harmônicas e inter-harmônicas. Cada parâmetro em avaliação é aplicado sobre o IMA, separadamente, considerando-se as três condições citadas na Tabela 3.3. Essa tabela de influências simultâneas é a mesma tabela apresentada na primeira edição da norma IEC 62586. A única exceção é o parâmetro de flutuação de tensão em que deve-se aplicar apenas a condição 1, pois para sua medição não pode haver influência de outras grandezas, como foi explicado anteriormente.

Valores Variáveis: Estes testes verificam o desempenho metrológico do IMA quando as características dos parâmetros mudam no tempo. Estes testes estão presentes na avaliação da frequência elétrica, da magnitude da tensão, do desequilíbrio de tensão, e das tensões harmônicas e inter-harmônicas. Cada parâmetro em avaliação é aplicado sobre o IMA de tal forma que as características em análise variem ciclicamente por um período igual a um intervalo de tempo de agregação. Portanto, ao final destes testes, tem-se 1 conjunto de medições para cada parâmetro procedente do IMA.

Testes de Eventos: Estes testes tem o objetivo de verificar o desempenho metrológico do IMA quando da caracterização das grandezas amplitude e duração de afundamentos, elevações e interrupções de tensão. Note que para estes parâmetros, a IEC 61000-4-30 não define uma faixa de variação, pois tratam-se de fenômenos não estacionários no tempo. Nesta etapa, dois tipos de testes são propostos:

- **Amplitude do evento:** Esta grandeza é analisada com base na aplicação, sobre o IMA, de afundamentos e de elevações com diversas amplitudes e a mesma duração.
- **Duração do evento:** Esta grandeza é analisada com base na aplicação, sobre o IMA, de afundamentos, elevações e interrupções de tensão com a amplitude constante e com diferentes durações.

Avaliação do desempenho do IMA

Após a execução de um teste tipo C, o IMA exibe um conjunto de medições que são utilizadas para avaliar o seu desempenho metrológico. Este desempenho é estimado de acordo com o guia ISO-GUM e descrito no item 3.4.

Laudo Final do IMA

Os testes exibidos neste trabalho avaliam, individualmente, o desempenho do IMA na medição dos parâmetros da QEE. O laudo do IMA de um determinado parâmetro é "Conforme", se todos os laudos dos testes relacionados àquele parâmetro são "Conforme". Caso contrário, o laudo é "Não Conforme". O laudo final do IMA é "Conforme", se todos os laudos dos parâmetros forem "Conforme". Caso contrário, o laudo final é "Não Conforme".

5.5 Exemplo de Aplicação da Metodologia Proposta

A aplicação da metodologia em questão foi realizada empregando-se a fonte Fluke 6105A de alimentação trifásica conectada em estrela aterrada com U_{din} de 127 V, e f_{nom} igual a 60 Hz. Os dois instrumentos da QEE testados, Instrumento 1 e Instrumento 2, foram desenvolvidos, respectivamente, com base nos requisitos da classe S e classe A da IEC 61000-4-30.

5.5.1 Execução dos Testes Tipo Q

Com a execução dos testes tipo Q, foi possível concluir a respeito dos dois instrumentos testados:

- Os instrumentos executam medições da frequência elétrica a cada 10 s;
- Eles fornecem medições nos quatro intervalos de tempo exigidos pela norma (12 ciclos, 180 ciclos, 10 minutos e 2 horas) para os parâmetros da magnitude da tensão, do desequilíbrio de tensão e das tensões harmônicas e inter-harmônicas;
- Os instrumentos executam as medições da flutuação de tensão;
- Exibem o *fagged* quando da ocorrência de afundamentos, elevações e interrupções de tensão;

- São disponibilizados, para os parâmetros de afundamentos, elevações e interrupções de tensão, as medições da amplitude e da duração do evento.

5.5.2 Execução dos Testes tipo V

Na execução dos testes tipo V, o IMA foi submetido a sete diferentes sinais de tensão no seu canal de referência. A medição da frequência elétrica foi coletada a cada 10 s. Para as demais grandezas, as medições foram efetuadas a cada 12 ciclos. As características dos sinais de tensão gerados para a execução dos testes tipo V são:

Atenuação das Harmônicas: Para a execução deste teste, foi gerado um sinal de tensão conforme a função a seguir:

$$v(t) = U_{din}(\cos(2\pi ft) + 0.3\cos(2\pi f60t + 30)) \quad (5.3)$$

Valor Verdadeiro de Tensão: nesta etapa dos ensaios, dois sinais foram aplicadas sobre os instrumentos testados:

1. Uma forma de onda quadrada com valor eficaz de tensão igual a U_{din} ; e
2. Uma forma de onda triangular com valor eficaz de tensão igual a U_{din} .

Componentes Simétricas: Para a execução deste teste, um sistema trifásico foi aplicado sobre os instrumentos, conforme as seguintes funções:

$$v_a(t) = U_{din}\cos(2\pi 60t) \quad (5.4)$$

$$v_b(t) = U_{din}\cos(2\pi 60t + 249) \quad (5.5)$$

$$v_c(t) = U_{din}\cos(2\pi 60t + 125) \quad (5.6)$$

Filtro *anti-aliasing*: Para a execução deste teste, foi aplicado o sinal de acordo com a seguinte função:

$$v(t) = U_{din}(\cos(2\pi ft) + 0.1\cos(2\pi f60t)) \quad (5.7)$$

Após a execução dos testes tipo V, os resultados das medições foram aplicados na equação (5.2) para se determinar os E_v . A Tabela 5.2 exhibe estes erros em conjunto com as incertezas permitidas U_s da IEC 61000-4-30.

Tabela 5.2: Testes Tipo V

Testes Tipo V	Instrumento 1		Instrumento 2	
	E_v	U_s	E_v	U_s
Atenuação de harmônicas	0 Hz	0.05 Hz	0 Hz	0.01 Hz
Valor eficaz verdadeiro sinal 1	0.36 V	0.845 V	0.11 V	0.17 V
Valor eficaz verdadeiro sinal 2	0.29 V	0.6 V	0.09 V	0.12V
Componentes simétricas	0%	0.3%	0.01%	0.15%
Filtro anti-aliasing	0.01%	0.3%	0.01%	0.05%

Da Tabela 5.2, observa-se que os valores de E_v , para todos os testes, são menores do que as incertezas permitidas. Desse modo, pode-se afirmar que os métodos de medição utilizados nos dois instrumentos de QEE estão em concordância com os requisitos pela IEC 61000-4-30.

5.6 Execução dos Testes Tipo C

Nesta etapa dos ensaios laboratoriais, foram executados os testes no apêndice C (guia para aplicação da metodologia proposta). De posse das medições dos instrumentos, utiliza-se o guia ISO-GUM para a expressão da incerteza, conforme o algoritmo descrito no capítulo 3, com um fator de cobertura igual a 95%. A Tabela 5.3 exhibe os resultados obtidos.

Tabela 5.3: Resultado dos Testes Tipo C

Parâmetro	Laudo	
	Instrumento 1	Instrumento 2
Frequência Elétrica	Conforme	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme	Conforme
Flutuação da Tensão	Conforme	Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Conforme	Conforme
Tensões Harmônicas	Conforme	Conforme
Tensões Inter-Harmônicas	Conforme	Conforme
Amplitude do Afundamento	Conforme	Conforme
Duração do Afundamento	Conforme	Conforme
Amplitude da Elevação	Conforme	Conforme
Duração da Elevação	Conforme	Conforme
Duração da Interrupção	Conforme	Não Conforme

Da Tabela 5.3, observa-se que devido às correções aplicadas na metodologia proposta, os testes de flutuação de tensão e desequilíbrio de tensão, que antes estavam

com o laudo não conforme tanto na Met-ONS quanto na Met-UnB, agora estão conforme. O Instrumento 1 foi aprovado em todos os quesitos da metodologia proposta. Já o Instrumento 2 foi reprovado apenas no ensaio de duração da interrupção. Não houve interrupção em alguns valores exigidos pela metodologia proposta, resultando em não conformidade no referido parâmetro.

5.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou exemplos de aplicação da metodologia proposta. Para isso, dois analisadores, um classe S e um classe A, foram submetidos às três etapas da metodologia apresentada. Os resultados constituem um relatório que contém o desempenho do IMA ilustrado em 33 questionários, 40 ensaios laboratoriais, 301 medições e 58 curvas de erros de medição. Com isto, observou-se a aplicabilidade dos testes de desempenho. Além disso, demonstrou-se, por meio da análise dos dados obtidos, a facilidade de constatação das deficiências e das irregularidades, assim como das qualidades e dos atributos dos medidores avaliados.

Capítulo 6

Conclusões

O principal objetivo deste trabalho foi, com base nos resultados da busca de estudos voltados à análise do desempenho funcional de instrumentos de medição de parâmetros de QEE, propor uma metodologia alternativa que otimize este processo. Para tanto, inicialmente, selecionou-se dentre as metodologias disponíveis no Brasil, uma metodologia que é a referência nacional nos testes funcionais de instrumentos da QEE, a saber, a Met-ONS, e uma segunda disponível na literatura atinente (Met-UnB). Estas metodologias foram implementadas em laboratório e empregadas para avaliar o desempenho funcional de três instrumentos que constam na lista de aprovados do ONS. De posse dos resultados adquiridos com a realização dos testes de cada uma das metodologias, executou-se uma criteriosa avaliação comparativa entre elas. Os principais resultados observados são:

- As duas metodologias em avaliação no presente estudo, i) atendem a faixa de variação estabelecida na norma IEC 61000-4-30 para cada parâmetro da QEE, e ii) buscam verificar se o protocolo de medição empregado pelo instrumento está de acordo com o exigido. Apesar desta constatação, observaram-se significativas diferenças entre os cadernos de testes das mencionadas metodologias. Entretanto, no que diz respeito à IEC 62586 a Met-ONS não contempla alguns dos testes sugeridos, principalmente os ensaios em que há a presença simultânea de vários distúrbios no sinal elétrico;
- No que tange aos métodos de quantificação dos erros de medição, verificou-se que a Met-ONS emprega o cálculo do erro percentual, e a Met-UnB faz uso do guia para a expressão das incertezas ISO-GUM. Por meio dos resultados adquiridos, observou-se que o método do cálculo do erro percentual apresenta lacunas que podem conduzir a uma interpretação equivocada do real desempenho do instrumento em avaliação. Na Met-UnB, a presença simultânea de

vários distúrbios no sinal elétrico apesar de assemelhar esse sinal ao da rede elétrica, pode gerar medições errôneas nos testes em que não pode haver influências na grandeza que está sendo medida, como é o caso da flutuação de tensão.

- Verificou-se no presente trabalho que a Met-UnB adota as incertezas máximas sugeridas pela IEC 61000-4-30. Já a Met-ONS apresenta os seus próprios patamares máximos de erros permitidos;
- Da avaliação comparativa foi possível concluir que um instrumento, aprovado pela Met-ONS, pode não apresentar medições equivalentes aos outros instrumentos, aprovados pela Met-UnB, mesmo quando estes equipamentos são submetidos, simultaneamente, a um mesmo sinal. Isso se deve às diferenças entre os testes de desempenho, os métodos de cálculo de erros, e aos limites máximos aceitáveis presentes em cada uma destas metodologias;
- Apesar de todos os instrumentos testados nesse documento estarem na lista de equipamentos do ONS que estão aptos a participar de uma campanha de medição, todos eles foram reprovados na Met-ONS;
- O parâmetro de flutuação de tensão foi a única grandeza da QEE que foi reprovada nos três instrumentos utilizando as duas metodologias em estudo nesse relatório. O motivo desse resultado é explicado no item 4.4.

Considerando-se os aspectos ora mencionados, surgiu a ideia de desenvolvimento de uma metodologia alternativa para avaliação dos instrumentos de medição da QEE, que associa em um único documento os procedimentos identificados como os mais recomendáveis durante a análise comparativa. Na verdade, tal metodologia adota o guia ISO-GUM para a estimação dos erros de medição e exige que o instrumento cumpra com os requisitos das normas IEC 61000-4-30 e IEC 62586.

Dois instrumentos que participaram dos testes para a produção deste relatório foram reprovados, apesar desses mesmos instrumentos estarem aprovados na lista do ONS. Um possível motivo responsável por essa discrepância de resultados (entre os apresentados neste relatório e na lista do ONS), é a faixa de erro admissível. Procurando-se relatórios de avaliação de desempenho de instrumentos de QEE que segue a Met-ONS, encontrou-se um relatório técnico [14] em que a faixa de erro máximo admissível é 2% e outros relatórios [21] e [22] que possuem uma faixa de erro máximo de até 10%. O relatório que foi utilizados neste trabalho foi o [14] com erro máximo de 2%. Não é sabido qual foi intervalo de erro máximo permitido na

execução dos testes que levou à produção da lista de equipamentos do ONS.

Nos apêndices A e B, têm-se os resultados obtidos respectivamente, para três instrumentos (dois classe S e um Classe A), da Met-ONS e Met-UnB. Após estas etapas, no apêndice D, dois instrumentos (um classe S e outro classe A), os mesmos empregados quando da avaliação da Met-ONS e da Met-UnB, foram submetidos aos testes da metodologia alternativa apresentada no apêndice C, e analisados em detalhes, visando-se a sua validação. O relatório com os inúmeros resultados obtidos deste procedimento ratificou que trata-se de uma metodologia eficiente e de fácil aplicação, capaz de avaliar os parâmetros da QEE, atendendo às faixas de medição, protocolos e níveis de incertezas sugeridos pela IEC 61000-4-30 e IEC 62586-2, e ao método de cálculo da incerteza do ISO-GUM.

Referências Bibliográficas

[1] R.J.R. Gomes, D.O.C. Brasil, and J.R. de Medeiros. *Power quality management issues over the brazilian transmission system. In Harmonics and Quality of Power, 2002. 10th International Conference on, volume 1, pages 27 - 32 vol.1, oct. 2002.*

[2] Riccardo Chiumeo, Adalberto Porrino, Luciano Garbero, Liliana Tenti, and Michele de Nigris. *The italian power quality monitoring system of the mv network results of the measurements of voltage dips after 3 years campaign. In Electricity Distribution - Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on, pages 1 - 4, june 2009.*

[3] H.M.S. Herath and S. McHardy. *Power quality trends in energy australia distribution network. In Harmonics and Quality of Power, 2008. ICHQP 2008. 13th International Conference on, pages 1 - 6, 28 2008-oct. 1 2008.*

[4] R. Neumann. *The importance of IEC 61000-4-30 class A for the coordination of power quality levels is it important? In Electrical Power Quality and Utilisation, 2007. EPQU 2007. 9th International Conference on, pages 1 - 4, oct.2007.*

[5] IEC 61000-4-30. *International standard electromagnetic compatibility (EMC) - part 4-30: Testing and measurement techniques - power quality measurement methods, 2008.*

[6] IEC 62586-2:2017. *Power quality measurement in power supply systems - Part 2: Functional tests and uncertainty requirements.*

[7] D. Gallo, C. Landi, and M. Luiso. *Performance verification of instruments adopted for voltage dip measurement. In Instrumentation and Measurement Tech-*

nology Conference (I2MTC), 2010 IEEE, pages 470 - 475, may 2010.

[8] PRODIST. *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - Módulo 8, Qualidade da Energia Elétrica.*

[9] Operador Nacional do Sistema Elétrico, Universidade Federal de Uberlândia - Caderno de Ensaio para Certificação de Instrumento de Medição para Campanhas de Medição de QEE e lista de equipamentos certificados para participar de uma campanha de medição de harmônicos disponível no site do ONS.

[10] J.R. Medeiros, D.O.C. Brasil, P.F. Ribeiro, J.C. Oliveira, and A.C. Delaiba. *Assessing the accuracy of power quality instrumentation. In Harmonics and Quality of Power, 2004. 11th International Conference on, pages 696 - 699, sept. 2004.*

[11] Jan Meyer, Peter Schegner, Max Domagk, Reinhard Kuntner, and Franz Hillenbrand. *Automated test system for accuracy verification of power quality measurement instruments. In Electricity Distribution - Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on, pages 1 - 4, june 2009.*

[12] Daniele Gallo, Carmine Landi, and Mario Luiso. Issues in the characterization of power quality instruments. *Measurement*, 43(8):1069 - 1076, 2010. IEMEKOg fXIXg World Congress Part 2 - Advances in Measurement of Electrical Quantities.

[13] Anibal Sañudo and Anésio L.F. Filho. A novel methodology for evaluation for power quality monitors. *International Journal of Power and Energy Systems*, 34(4), 2014.

[14] Universidade Federal de Uberlândia. Relatório técnico 3/8 - definição dos procedimentos de medição. Technical report, Março 2014.

[15] T.M. Galvão, F.N. Belchior, P.M. Silveira, and P.F. Ribeiro. Comparative analysis of power quality instruments measuring voltage and power. In *Harmonics and Quality of Power (ICHQP)*, 2014 IEEE 16th International Conference on, pages 762767, May 2014.

- [16] ISO-GUM. *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, 2008.
- [17] Anibal SANUDO ; LELES FERREIRA FILHO, ANESIO. *Alternative Methodology to Evaluate the Performance of PQ monitors*. PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, v. 2016, p. 92, 2016.
- [18] Especificações da fonte Fluke 6105A. *The Fluke 6105A and 6100B Electrical Power Standards*
- [19] IEC 61000-4-15. *International Standard Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4: Testing and Measurement Techniques - Section 15: Flickermeter - Functional and Design Specifications*. 2002.
- [20] IEC 61000-4-7. *International Standard Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: General Guide on Harmonics and Interharmonics Measurements and instrumentation, for Power Supply Systems and Equipament Connected thereto*. 2002.
- [21] Universidade Federal de Uberlândia. Relatório técnico - MULT-K NG, Junho 2011.
- [22] Universidade Federal de Uberlândia. Relatório técnico - CCK 7550S, Setembro 2015.

Apêndice A

Resultado da aplicação da Met-ONS

A.1 Instrumento 1

A.1.1 Laudo

Tabela A.1: Laudo do Instrumento 1

Módulos	Conceituação
Módulo I	Reprovado
Módulo II	Reprovado
Módulo III	Reprovado
Módulo IV	Aprovado
Módulo V	Aprovado

A.1.2 Módulo I - Medições de Tensões Harmônicas

DHT [%]					Resultados			
Ensaio	A	B	C	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior Diferença entre as Fases [%]	Conceito
1	2.11	2.11	2.11	2.11	0	Aprovado	0	Aprovado
2	1.75	1.75	1.75	1.75	0	Aprovado	0	Aprovado
3	1	1	1	1	0	Aprovado	0	Aprovado
4	2.75	2.75	2.75	2.75	0	Aprovado	0	Aprovado
5	2.5	2.5	2.5	2.5	0	Aprovado	0	Aprovado
6	1.9	1.9	1.9	1.9	0	Aprovado	0	Aprovado
7	4.42	4.43	4.44	4.44	0.45	Aprovado	0.45	Aprovado
8	1.49	1.49	1.5	1.5	0.66	Aprovado	0.66	Aprovado
9	2.79	2.8	2.8	2.8	0.35	Aprovado	0.35	Aprovado
10	7.97	7.98	7.99	8	0.37	Aprovado	0.25	Aprovado
11	2.82	2.81	2.83	3	6.33	Reprovado	0.71	Aprovado
12	4.65	4.68	4.7	5	7	Reprovado	1.07	Aprovado
13	6.79	6.8	6.81	6.5	4.46	Reprovado	0.29	Aprovado
14	8.83	8.83	8.85	8.85	0.225	Aprovado	0.225	Aprovado

A.1.3 Módulo II - Desequilíbrio de Tensão

Desequilíbrio de Tensão			Resultados			
Ensaio	V-/V+ [%]	Gabarito [%]	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior diferença entre as Fases	Conceito
15	0	0	0	Aprovado	-	-
16	1.73	1.73	0	Aprovado	-	-
17	1.99	1.99	0	Aprovado	-	-
18	3.22	3.14	2.54	Reprovado	-	-

A.1.4 Módulo III - Flutuação de Tensão

Flicker [Pst]					Resultados			
Ensaio	A	B	C	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior Diferença entre as Fases [%]	Conceito
19	4.28	4.29	4.29	4.2	2.14	Reprovado	0.23	Aprovado
20	2.85	2.85	2.86	2.8	1.78	Reprovado	0.34	Aprovado
21	1.22	1.22	1.22	1.2	1.66	Aprovado	0	Aprovado
22	1.02	1.02	1.02	1	2	Aprovado	0	Aprovado
23	1.47	1.47	1.48	1.45	2.06	Reprovado	0.67	Aprovado
24	2.07	2.07	2.07	2.04	1.47	Aprovado	0	Aprovado

A.1.5 Módulo IV - Variação de Tensão de Curta Duração - Parte 1

VTCD - Tensão [V] / Ciclos			Resultados		
Ensaio	Afundamento / Duração	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Erro na Duração (ciclos) / nº de Eventos [%]	Conceito
25	101.95 / 6.5	102 / 6	0.04	0.5 / 0	Aprovado
26	50.9 / 1.5	51 / 1	0.19	0.5 / 0	Aprovado
27	95.95 / 2	96 / 1.5	0.05	0.5 / 0	Aprovado

VTCD - Tensão [V] / Ciclos			Resultados		
Ensaio	Afundamento / Duração	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Erro na Duração (ciclos)	Conceito
28	71.88 / 18.5	72 / 18	0.16	0.5	Aprovado
29	59.9 / 1.5	60 / 1	0.16	0.5	Aprovado
30	87.55 / 1.5	87.6 / 1	0.05	0.5	Aprovado
31	93.54 / 18.5	93.6 / 18	0.06	0.5	Aprovado
32	104.35 / 18.5	104.4 / 18	0.04	0.5	Aprovado
33	93.58 / 1.5	93.6 / 1	0.02	0.5	Aprovado
34	21.44 / 2.5	21.6 / 2	0.74	0.5	Aprovado
35	17.96 / 1.5	18 / 1	0.22	0.5	Aprovado

A.1.6 Módulo IV - Variação de Tensão de Curta Duração - Parte 2

Ensaio	Medido Tensão [V] / Ciclos			Gabarito Tensão [V] / Ciclos			Resultados		
	A	B	C	A	B	C	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Erro na Duração (ciclos)	Conceito
36	144.03/ 3	137.9/ 2.5	146.44/ 3	144/ 3	138/ 3	146.4/ 3	0.07	0.5	Aprovado
37	65.84/ 6.5	136.6/ 6	99.44/ 6	66/ 6	136.8/ 6	99.6/ 6	0.14	0.5	Aprovado
38	74.2/ 1	74.26/ 1	69.38/ 1.5	74.4/ 1	74.4/ 1	69.6/ 1	0.26	0.5	Aprovado
39.1	89.6/ 6	-	134.1/ 6.5	90/ 6	-	134.4/ 6	0.4	0.5	Aprovado
39.2	135.3/ 6.5	-	71.8/ 6	135.6/ 6	-	72/ 6	0.22	0.5	Aprovado

A.1.7 Módulo V - Variações de Tensão em Regime Permanente

Ensaio	Medido Tensão [V]			Gabarito Tensão [V]			Resultados		
	A	B	C	A	B	C	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Diferença entre a Fases [%]	Conceito
40	147.56	138.78	141.57	147.6	138.8	141.6	0.02	-	Aprovado
41	58.68	101.97	92.38	58.65	102	92.4	0.05	-	Aprovado
42	119.2	119.16	119.2	120	120	120	0.7	0.03	Aprovado

A.2 Instrumento 2

A.2.1 Laudo

Tabela A.2: Laudo do Instrumento 2

Módulos	Conceituação
Módulo I	Reprovado
Módulo II	Aprovado
Módulo III	Reprovado
Módulo IV	Reprovado
Módulo V	Aprovado

A.2.2 Módulo I - Tensões Harmônicas

DHT [%]					Resultados			
Ensaio	A	B	C	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior Diferença entre as Fases [%]	Conceito
1	2.11	2.11	2.11	2.11	0	Aprovado	0	Aprovado
2	1.75	1.75	1.75	1.75	0	Aprovado	0	Aprovado
3	1	1	1	1	0	Aprovado	0	Aprovado
4	2.75	2.75	2.75	2.75	0	Aprovado	0	Aprovado
5	2.5	2.5	2.5	2.5	0	Aprovado	0	Aprovado
6	1.9	1.9	1.9	1.9	0	Aprovado	0	Aprovado
7	4.43	4.43	4.44	4.44	0.22	Aprovado	0.45	Aprovado
8	1.5	1.5	1.5	1.5	0	Aprovado	0	Aprovado
9	2.8	2.8	2.8	2.8	0	Aprovado	0	Aprovado
10	7.98	7.99	7.99	8	0.25	Aprovado	0.12	Aprovado
11	3	3	3	3	0	Aprovado	0	Aprovado
12	5	5	5	5	0	Aprovado	0	Aprovado
13	6.7	6.71	6.71	6.5	3.07	Reprovado	0.14	Aprovado
14	8.8	8.8	8.8	8.85	0.56	Aprovado	0	Aprovado

A.2.3 Módulo II - Desequilíbrios de Tensão

Desequilíbrio de Tensão			Resultados			
Ensaio	V-/V+ [%]	Gabarito [%]	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior diferença entre as Fases	Conceito
15	0	0	0	Aprovado	-	-
16	1.73	1.73	0	Aprovado	-	-
17	1.99	1.99	0	Aprovado	-	-
18	3.16	3.14	0.63	Aprovado	-	-

A.2.4 Módulo III - Flutuação de Tensão

Flicker [Pst]					Resultados			
Ensaio	A	B	C	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior Diferença entre as Fases [%]	Conceito
19	4.1	4.1	4.1	4.2	2.38	Reprovado	0	Aprovado
20	2.73	2.73	2.73	2.8	2.5	Reprovado	0	Aprovado
21	1.17	1.17	1.17	1.2	2.5	Reprovado	0	Aprovado
22	0.97	0.98	0.98	1	3	Reprovado	1.02	Aprovado
23	1.41	1.41	1.41	1.45	2.75	Reprovado	0	Aprovado
24	1.99	1.99	1.99	2.04	2.45	Reprovado	0	Aprovado

A.2.5 Módulo IV - Variação de Tensão de Curta Duração - Parte 1

VTCD - Tensão [V] / Ciclos			Resultados		
Ensaio	Afundamento / Duração	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Erro na Duração [Ciclos]/ n° de Eventos [%]	Conceito
25	107.93 / 6	107.95 / 6	0.01	0 / 0	Aprovado
26	53.83 / 2	53.97 / 1	0.25	1 / 0	Aprovado
27	101.57 / 1.5	101.6 / 1.5	0.02	0 / 0	Aprovado

VTCD - Tensão [V] / Ciclos			Resultados		
Ensaio	Afundamento / Duração	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Erro na Duração (ciclos)	Conceito
28	76.11 / 18	76.2 / 18	0.12	0	Aprovado
29	68.5 / 1.5	68.7 / 1	0.29	0.5	Aprovado
30	95.2 / 1.5	95.71 / 1	0.53	0.5	Aprovado
31	99 / 18	99.06 / 18	0.06	0	Aprovado
32	110.5 / 18	110.49 / 18	0.04	0	Aprovado
33	99 / 1.5	99.06 / 1	0.06	0.5	Aprovado
34	22.7 / 2.5	22.86 / 2	0.7	0.5	Aprovado
35	19.2 / 1.5	19.05 / 1	0.78	0.5	Aprovado

A.2.6 Módulo IV - Variação de Tensão de Curta Duração - Parte 2

Ensaio	Medido Tensão [V] / Ciclos			Gabarito Tensão [V] / Ciclos			Resultados		
	A	B	C	A	B	C	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Erro na Duração (ciclos)	Conceito
36	152.51/ 3	146.14/ 3	155.05/ 3	152.4/ 3	146.05/ 3	154.94/ 3	0.07	0	Aprovado
37	69.75/ 6	144.86/ 6	105.39/ 6	69.85/ 6	144.78/ 6	105.41/ 6	0.14	0	Aprovado
38	143.19/ 1	83.79/ 1	73.57/ 1.5	144.78/ 1	78.74/ 1	73.66/ 1	6.41	0.5	Reprovado
39.1	92.6/ 6	-	137.1/ 6	92/ 6	-	137.6/ 6	0.65	0	Aprovado
39.2	137.3/ 6	-	74.8/ 6	137.6/ 6	-	74/ 6	1.08	0	Aprovado

A.2.7 Módulo V - Variações de Tensão em Regime Permanente

Ensaio	Medido Tensão [V]			Gabarito Tensão [V]			Resultados		
	A	B	C	A	B	C	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Diferença entre a Fases [%]	Conceito
40	156.16	144.72	149.8	156.21	144.78	149.86	0.04	-	Aprovado
41	87.6	107.91	97.76	87.63	107.95	97.79	0.03	-	Aprovado
42	126.81	126.81	126.81	127	127	127	0.14	-	Aprovado

A.3 Instrumento 3

A.3.1 Laudo

Tabela A.3: Laudo do Instrumento 3

Módulos	Conceituação
Módulo I	Reprovado
Módulo II	Reprovado
Módulo III	Reprovado
Módulo IV	Reprovado
Módulo V	Aprovado

A.3.2 Módulo I - Medições de Tensões Harmônicas

DHT [%]					Resultados			
Ensaio	A	B	C	Gabarito	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior Diferença entre as Fases [%]	Conceito
1	2.09	2.13	2.1	2.11	0.94	Aprovado	1.87	Aprovado
2	1.75	1.77	1.75	1.75	1.14	Aprovado	1.12	Aprovado
3	1.05	1.05	1.05	1	5	Reprovado	0	Aprovado
4	2.75	2.74	2.76	2.75	0.36	Aprovado	0.72	Aprovado
5	2.48	2.5	2.5	2.5	0.8	Aprovado	0.8	Aprovado
6	1.92	1.9	1.9	1.9	1.05	Aprovado	1.05	Aprovado
7	4.42	4.44	4.45	4.44	0.45	Aprovado	0.45	Aprovado
8	1.49	1.48	1.5	1.5	1.33	Aprovado	1.33	Aprovado
9	2.81	2.8	2.8	2.8	0.35	Aprovado	0.35	Aprovado
10	7.95	7.99	7.97	8	0.62	Aprovado	0.5	Aprovado
11	2.96	2.96	2.99	3	1.33	Aprovado	1	Aprovado
12	5	4.98	5.02	5	0.4	Aprovado	0.79	Aprovado
13	6.7	6.72	6.75	6.5	3.84	Reprovado	0.74	Aprovado
14	8.78	8.78	8.78	8.85	0.79	Aprovado	0	Aprovado

A.3.3 Módulo II - Desequilíbrio de Tensão

Desequilíbrio de Tensão			Resultados			
Ensaio	V-/V+ [%]	Gabarito [%]	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Conceito	Maior diferença entre as Fases	Conceito
15	0.014	0	0.014	Aprovado	-	-
16	1.75	1.73	1.15	Aprovado	-	-
17	2.02	1.99	1.5	Aprovado	-	-
18	3.28	3.14	4.45	Reprovado	-	-

A.3.4 Módulo III - Flutuação de Tensão

O instrumento não registrou a grandeza, muito embora tenha declarado capacidade para tal.

A.3.5 Módulo IV - Variação de Tensão de Curta Duração - Parte 1

Não foi possível acessar os eventos no instrumento

A.3.6 Módulo IV - Variação de Tensão de Curta Duração - Parte 2

Não foi possível acessar os eventos no instrumento

A.3.7 Módulo V - Variações de Tensão em Regime Permanente

Ensaio	Medido Tensão [V]			Gabarito Tensão [V]			Resultados		
	A	B	C	A	B	C	Maior Erro entre a Medição e o Gabarito [%]	Maior Diferença entre a Fases [%]	Conceito
40	147.36	138.58	141.37	147.6	138.8	141.6	0.16	-	Aprovado
41	58.48	101.77	92.18	58.65	102	92.4	0.28	-	Aprovado
42	119.4	119.4	119.4	120	120	120	0.5	-	Aprovado

Apêndice B

Resultado da aplicação da Met-UnB

B.1 Siglas

- IMA: Instrumento de medição em avaliação (equipamento submetido aos testes);
- NM: O instrumento não mede a grandeza;
- NR: O operador não registrou a grandeza em avaliação, muito embora tenha sido declarado que ele tem capacidade para tal;
- IE: Indisponibilidade de equipamentos para a execução do teste;
- RTC: Relógio do tempo real;
- v_i : Leituras do instrumento em avaliação;
- v_{pi} : Valores de referência do sistema de medição padrão;
- t : Tendência estimada;
- U_{95} : Incerteza expandida;
- k : Fator de abrangência;
- v_{eff} : Graus de liberdade efetivos;
- U_{max} : Incerteza máxima permitida para os analisadores.

B.2 Instrumento 1

B.2.1 Laudo Geral

A Tabela B.1 apresenta o laudo final do instrumento identificado, com base na metodologia anteriormente descrita. O detalhamento dos resultados nos Testes de Desempenho Funcional dos Instrumentos de Medição da Qualidade da Energia Elétrica é exibido nas paginas posteriores.

Tabela B.1: Laudo do Instrumento 1

Grandezas	Laudo
	Instrumento 1
Frequência Elétrica	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme
Flutuação de Tensão	Não Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Não Conforme
Tensões Harmônicas	Conforme
Tensões Inter-Harmônicas	Conforme
Amplitude do Afundamento	Conforme
Amplitude da Elevação	Conforme
Duração do Afundamento	Conforme
Duração da Elevação	Conforme
Duração da interrupção	Conforme

B.2.2 Frequência

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações de frequência a cada 10 s do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Atenuação de harmônicas	60,00	60,00	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.2: Frequência Condição 1

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.000	49938	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
54.00	54.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
56.00	56.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
62.00	62.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
64.00	64.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
66.00	66.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
68.00	68.00	0.000	49927	1.9600	0.0057	0.05	Conforme

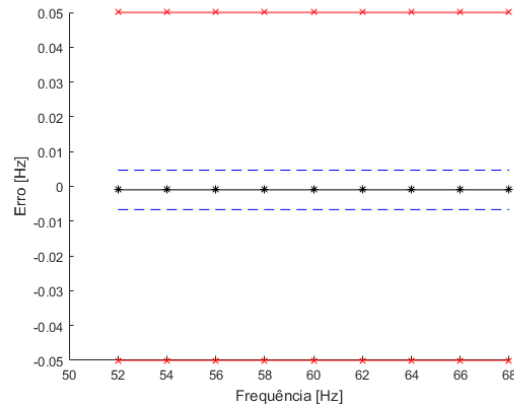


Tabela B.3: Frequência Condição 2

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.000	49938	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
54.00	54.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
56.00	56.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
62.00	62.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
64.00	64.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
66.00	66.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
68.00	68.00	0.000	49927	1.9600	0.0057	0.05	Conforme

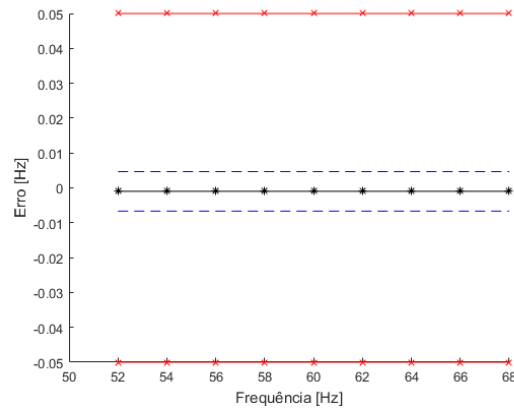


Tabela B.4: Frequência Condição 3

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.000	49938	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
54.00	54.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
56.00	56.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
62.00	62.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
64.00	64.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
66.00	66.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
68.00	68.00	0.000	49927	1.9600	0.0057	0.05	Conforme

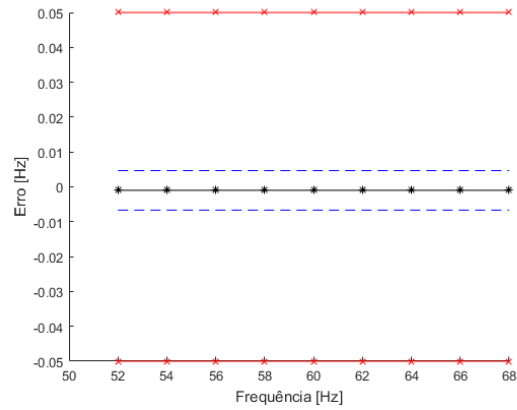
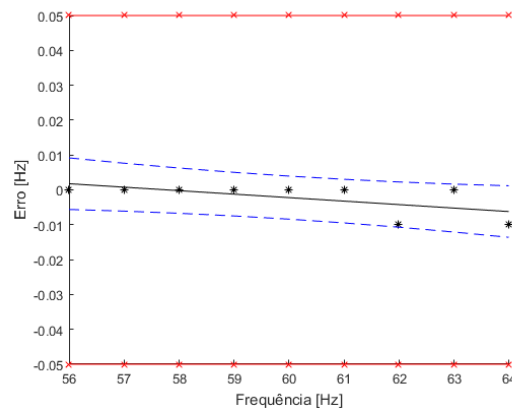


Tabela B.5: Frequência Variável

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
56.00	56.00	0.000	47	2.0117	0.0074	0.05	Conforme
57.00	57.00	0.000	77	1.9913	0.0069	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	137	1.9774	0.0065	0.05	Conforme
59.00	59.00	0.000	233	1.9702	0.0063	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	294	1.9681	0.0062	0.05	Conforme
61.00	61.00	0.000	232	1.9702	0.0063	0.05	Conforme
61.99	62.00	-0.010	137	1.9774	0.0065	0.05	Conforme
63.00	63.00	0.000	77	1.9913	0.0069	0.05	Conforme
63.99	64.00	-0.010	47	2.0117	0.0074	0.05	Conforme



B.2.3 Magnitude da Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 12 ciclos, conforme o item 4.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 1	169.37	169.73	Conforme	Sem Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 2	119.88	120.17	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.6: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3700	25.40	0.0217	8	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
57.1000	57.15	-0.0429	9	2.2622	0.0209	0.6350	Conforme
88.8100	88.90	-0.1075	9	2.2622	0.0232	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1720	8	2.3060	0.0344	0.6350	Conforme
152.2000	152.40	-0.2366	8	2.3060	0.0482	0.6350	Conforme

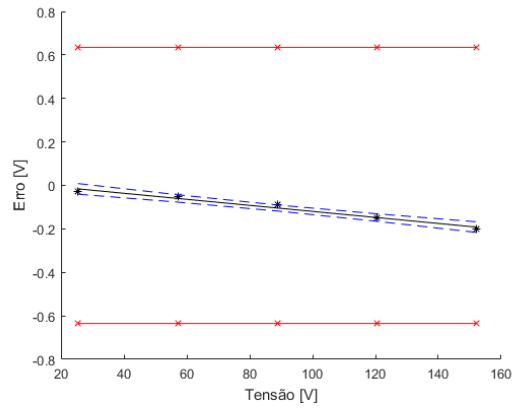


Tabela B.7: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3800	25.40	-0.0060	3	3.1824	0.0486	0.6350	Conforme
57.1000	57.15	-0.0520	3	3.1824	0.0350	0.6350	Conforme
88.8300	88.90	-0.0980	3	3.1824	0.0290	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1440	3	3.1824	0.0350	0.6350	Conforme
152.2000	152.40	-0.1900	3	3.1824	0.0486	0.6350	Conforme

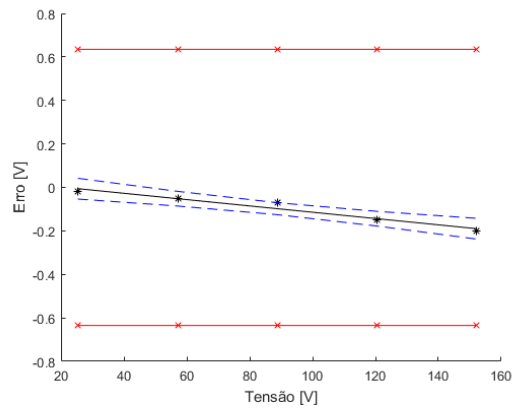


Tabela B.8: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3800	25.40	-0.0521	3	3.1824	0.1829	0.6350	Conforme
57.1000	57.15	-0.0541	3	3.1824	0.1295	0.6350	Conforme
88.8200	88.90	-0.0560	3	3.1824	0.1059	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.0579	3	3.1824	0.1294	0.6350	Conforme
152.4200	152.40	-0.0599	3	3.1824	0.1831	0.6350	Conforme

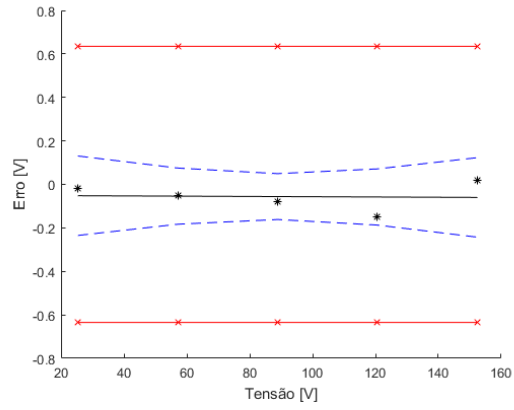


Tabela B.9: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Hz]	[Hz]	[Hz]			[Hz]	[Hz]	
25.2000	25.22	-0.0170	3	3.1824	0.0698	0.6350	Conforme
57.4300	57.47	-0.0445	3	3.1824	0.0496	0.6350	Conforme
89.5800	89.63	-0.0720	3	3.1824	0.0409	0.6350	Conforme
121.7500	121.89	-0.0995	3	3.1824	0.0498	0.6350	Conforme
153.0500	153.16	-0.1263	3	3.1824	0.0694	0.6350	Conforme

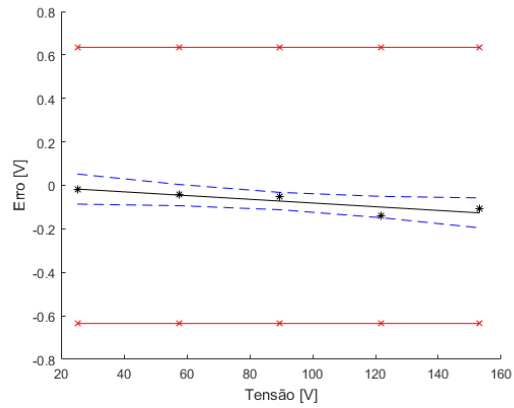


Tabela B.10: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
28.1500	28.20	-0.0595	3	3.1824	0.0919	0.6350	Conforme
63.3000	63.43	-0.0802	3	3.1824	0.0652	0.6350	Conforme
97.5200	97.58	-0.1003	3	3.1824	0.0536	0.6350	Conforme
132.7000	132.82	-0.1210	3	3.1824	0.0653	0.6350	Conforme
167.9000	168.05	-0.1417	3	3.1824	0.0921	0.6350	Conforme

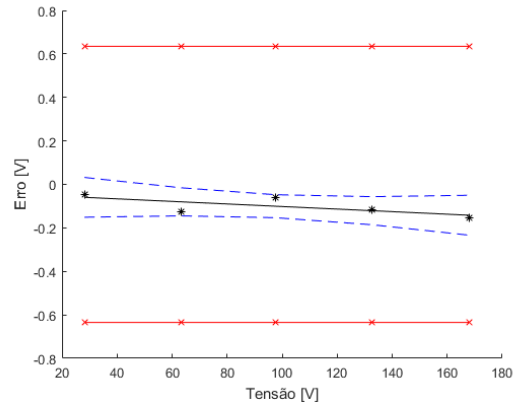


Tabela B.11: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Hz]	[Hz]	[Hz]			[Hz]	[Hz]	
30.2500	30.28	-0.0212	3	3.1824	0.0850	0.6350	Conforme
68.4500	68.49	-0.0683	3	3.1824	0.0544	0.6350	Conforme
106.6500	106.80	-0.1155	3	3.1824	0.0481	0.6350	Conforme
144.8500	145.02	-0.1626	3	3.1824	0.0727	0.6350	Conforme
121.9000	122.01	-0.1343	3	3.1824	0.0553	0.6350	Conforme

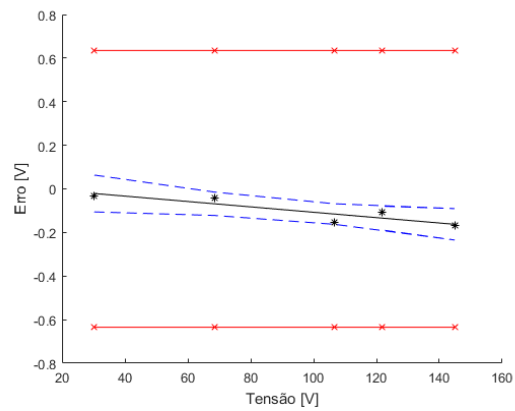


Tabela B.12: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3700	25.38	-0.0352	3	3.1824	0.1469	0.6350	Conforme
57.7700	57.82	-0.0449	3	3.1824	0.1040	0.6350	Conforme
90.2750	90.34	-0.0546	3	3.1824	0.0850	0.6350	Conforme
122.6500	122.79	-0.0643	3	3.1824	0.1043	0.6350	Conforme
154.2400	154.25	-0.0738	3	3.1824	0.1462	0.6350	Conforme

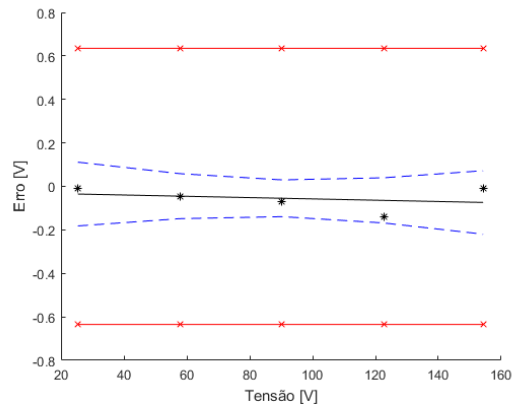


Tabela B.13: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
23.2800	23.30	-0.0421	3	3.1824	0.1042	0.6350	Conforme
53.7400	53.78	-0.0372	3	3.1824	0.0733	0.6350	Conforme
83.1700	83.22	-0.0325	3	3.1824	0.0603	0.6350	Conforme
112.5000	112.58	-0.0278	3	3.1824	0.0735	0.6350	Conforme
142.0400	142.02	-0.0231	3	3.1824	0.1035	0.6350	Conforme

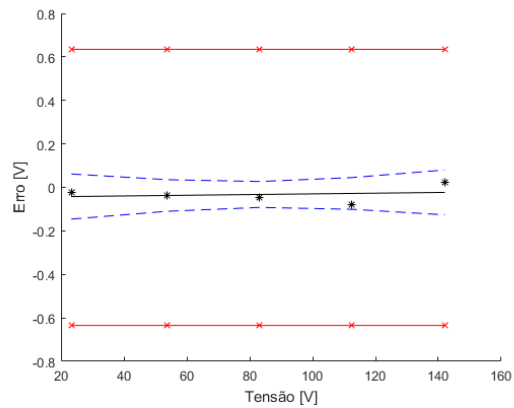


Tabela B.14: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
21.4000	21.31	0.0353	3	3.1824	0.1367	0.6350	Conforme
48.6100	48.63	0.0204	3	3.1824	0.0968	0.6350	Conforme
75.9400	75.99	0.0055	3	3.1824	0.0792	0.6350	Conforme
103.3000	103.31	-0.0095	3	3.1824	0.0972	0.6350	Conforme
129.7900	129.78	-0.0240	3	3.1824	0.1360	0.6350	Conforme

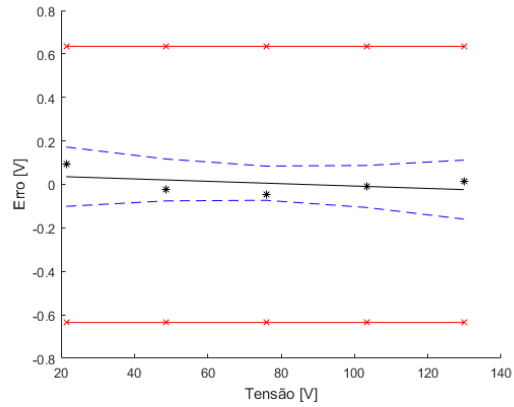


Tabela B.15: Magnitude da Tensão Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.7800	24.78	-0.0222	2	2.3060	0.0599	0.6350	Conforme
40.7500	40.75	-0.0138	2	2.3060	0.0466	0.6350	Conforme
54.7400	54.74	-0.0065	2	2.3060	0.0367	0.6350	Conforme
70.6400	70.73	0.0018	2	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
84.7300	84.72	0.0092	2	2.3060	0.0293	0.6350	Conforme
90.7400	90.72	0.0123	2	2.3060	0.0311	0.6350	Conforme
94.7200	94.72	0.0144	2	2.3060	0.0328	0.6350	Conforme
100.7300	100.72	0.0176	2	2.3060	0.0361	0.6350	Conforme
104.7400	104.72	0.0197	2	2.3060	0.0387	0.6350	Conforme
115.7900	115.72	0.0255	2	2.3060	0.0467	0.6350	Conforme

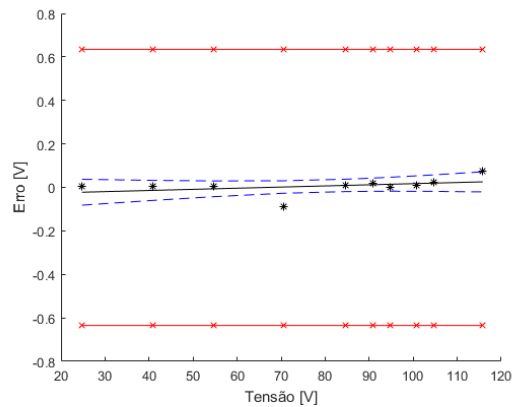


Tabela B.16: Magnitude da Tensão Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.7800	24.78	-0.0222	2	2.3060	0.0599	0.6350	Conforme
40.7500	40.75	-0.0138	2	2.3060	0.0466	0.6350	Conforme
54.7400	54.74	-0.0065	2	2.3060	0.0367	0.6350	Conforme
70.6400	70.73	0.0018	2	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
84.7300	84.72	0.0092	2	2.3060	0.0293	0.6350	Conforme
90.7400	90.72	0.0123	2	2.3060	0.0311	0.6350	Conforme
94.7200	94.72	0.0144	2	2.3060	0.0328	0.6350	Conforme
100.7300	100.72	0.0176	2	2.3060	0.0361	0.6350	Conforme
104.7400	104.72	0.0197	2	2.3060	0.0387	0.6350	Conforme
115.7900	115.72	0.0255	2	2.3060	0.0467	0.6350	Conforme

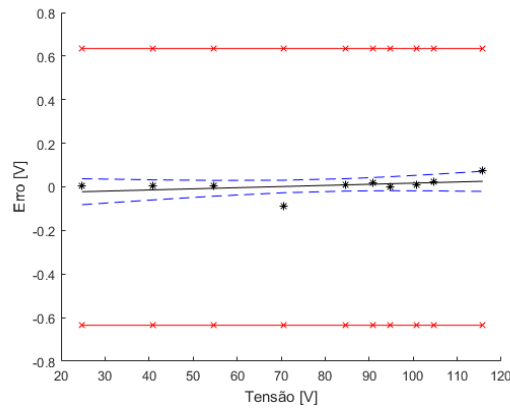
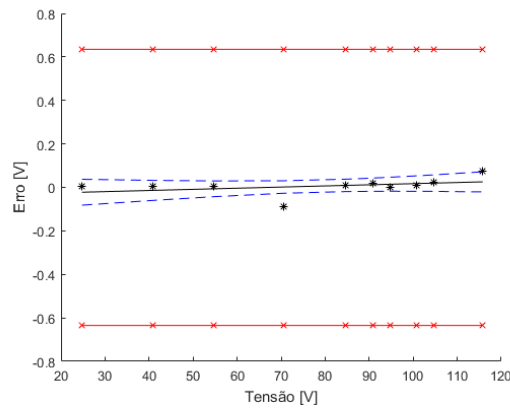


Tabela B.17: Magnitude da Tensão Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.7800	24.78	-0.0222	2	2.3060	0.0599	0.6350	Conforme
40.7500	40.75	-0.0138	2	2.3060	0.0466	0.6350	Conforme
54.7400	54.74	-0.0065	2	2.3060	0.0367	0.6350	Conforme
70.6400	70.73	0.0018	2	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
84.7300	84.72	0.0092	2	2.3060	0.0293	0.6350	Conforme
90.7400	90.72	0.0123	2	2.3060	0.0311	0.6350	Conforme
94.7200	94.72	0.0144	2	2.3060	0.0328	0.6350	Conforme
100.7300	100.72	0.0176	2	2.3060	0.0361	0.6350	Conforme
104.7400	104.72	0.0197	2	2.3060	0.0387	0.6350	Conforme
115.7900	115.72	0.0255	2	2.3060	0.0467	0.6350	Conforme



B.2.4 Flutuação de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações da flutuação - <i>Output 5</i> , conforme a norma IEC 61000-4-15?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Pst a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Plt a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.18: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5050	0.5000	0.0028	2	4.3027	0.0202	0.0253	Conforme
1.5120	1.5000	0.0121	2	4.3027	0.0133	0.0756	Conforme
2.5150	2.5000	0.0213	2	4.3027	0.0133	0.1258	Conforme
3.5350	3.5000	0.0308	2	4.3027	0.0203	0.1768	Conforme

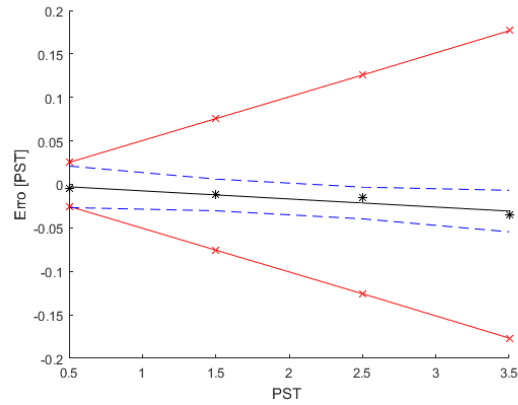


Tabela B.19: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5060	0.5000	0.0045	2	4.3027	0.0142	0.0253	Conforme
1.5120	1.5000	0.0120	2	4.3027	0.0094	0.0756	Conforme
2.5150	2.5000	0.0195	2	4.3027	0.0094	0.1258	Conforme
3.5300	3.5000	0.0270	2	4.3027	0.0143	0.1765	Conforme

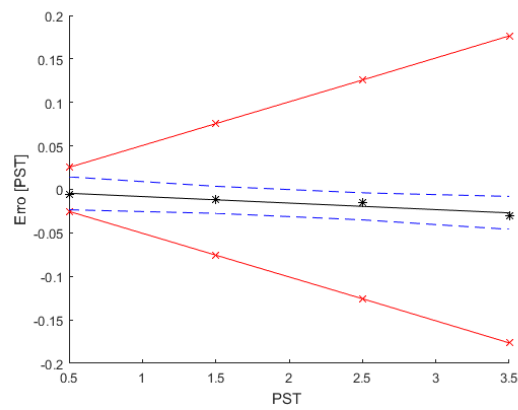


Tabela B.20: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5070	0.5000	0.0044	2	4.3027	0.0158	0.0254	Conforme
1.5130	1.5000	0.0148	2	4.3027	0.0104	0.0757	Conforme
2.5210	2.5000	0.0252	2	4.3027	0.0104	0.1261	Conforme
3.5390	3.5000	0.0356	2	4.3027	0.0158	0.1770	Conforme

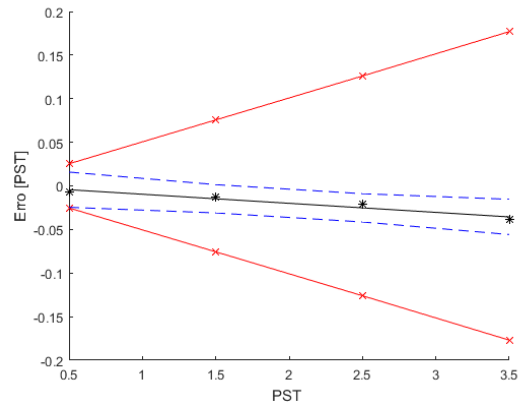


Tabela B.21: Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
1.2770	0.5000	0.6018	2	4.3027	0.6618	0.0639	Não Conforme
1.8140	1.5000	0.5095	2	4.3027	0.5014	0.0907	Não Conforme
2.7860	2.5000	0.3424	2	4.3027	0.4575	0.1393	Não Conforme
3.7530	3.5000	0.1762	2	4.3027	0.7384	0.1877	Não Conforme

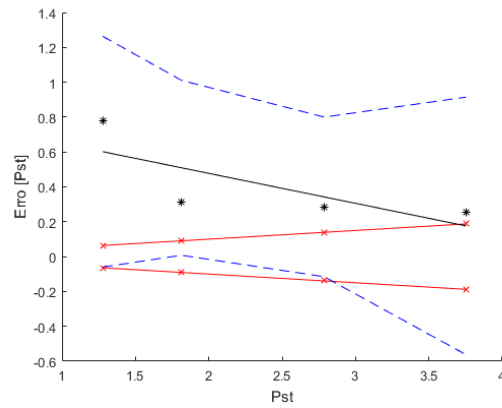


Tabela B.22: Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
1.2530	0.5000	0.6390	2	4.3027	0.4595	0.0627	Não Conforme
1.9180	1.5000	0.5517	2	4.3027	0.3312	0.0959	Não Conforme
2.8860	2.5000	0.4248	2	4.3027	0.3116	0.1443	Não Conforme
3.8560	3.5000	0.2975	2	4.3027	0.4950	0.1928	Não Conforme

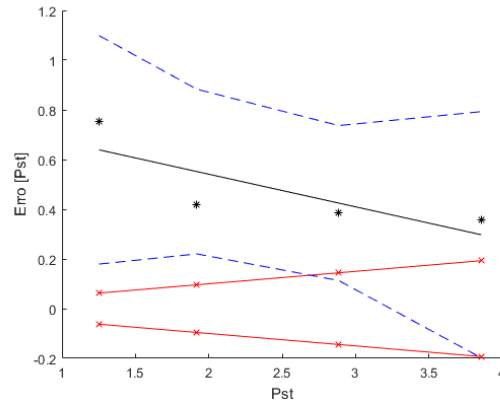


Tabela B.23: Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
1.1740	0.5000	0.6327	2	4.3027	0.1921	0.0587	Não Conforme
2.0010	1.5000	0.5423	2	4.3027	0.1298	0.1001	Não Conforme
2.9080	2.5000	0.4432	2	4.3027	0.1265	0.1454	Não Conforme
3.8730	3.5000	0.3377	2	4.3027	0.1985	0.1937	Não Conforme

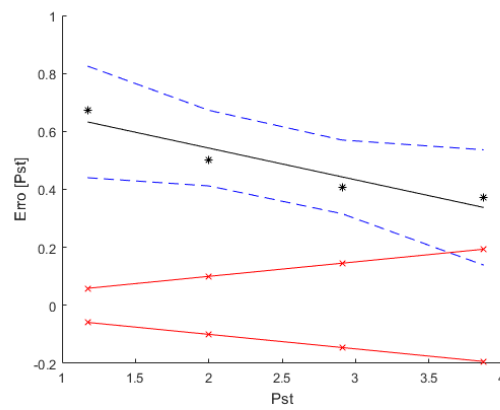


Tabela B.24: Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5490	0.5000	0.0472	2	4.3027	0.0342	0.0275	Não Conforme
1.5400	1.5000	0.0476	2	4.3027	0.0225	0.0770	Conforme
2.5580	2.5000	0.0479	2	4.3027	0.0225	0.1279	Conforme
3.5440	3.5000	0.0483	2	4.3027	0.0341	0.1772	Conforme

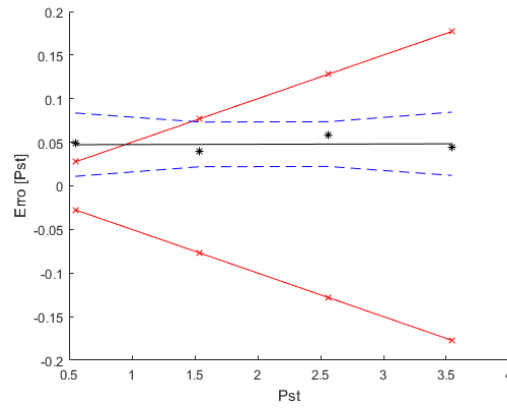


Tabela B.25: Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5500	0.5000	0.0452	2	4.3027	0.0396	0.0275	Não Conforme
1.5360	1.5000	0.0475	2	4.3027	0.0261	0.0768	Conforme
2.5590	2.5000	0.0499	2	4.3027	0.0261	0.1280	Conforme
3.5500	3.5000	0.0523	2	4.3027	0.0397	0.1775	Conforme

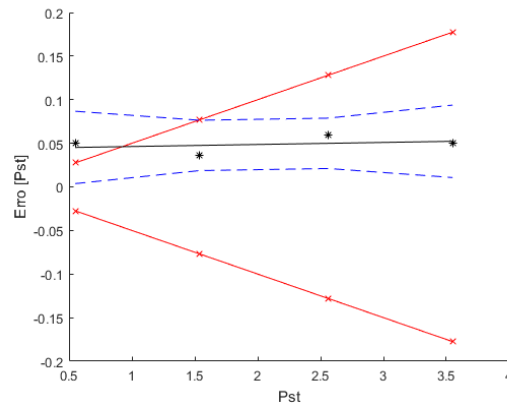
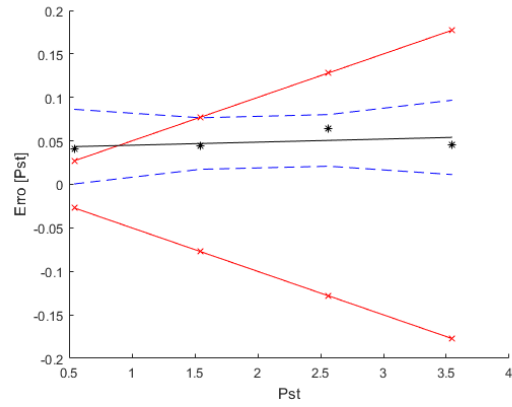


Tabela B.26: Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5410	0.5000	0.0434	2	4.3027	0.0411	0.0271	Não Conforme
1.5440	1.5000	0.0470	2	4.3027	0.0269	0.0772	Conforme
2.5640	2.5000	0.0506	2	4.3027	0.0270	0.1282	Conforme
3.5460	3.5000	0.0540	2	4.3027	0.0409	0.1773	Conforme



B.2.5 Desequilíbrio de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 12 ciclos, conforme o item 4.4?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Componentes Simétricas Sequência Negativa	5.03	5.03	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.27: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.000	0.0053	2	4.3027	0.0984	0.3000	Conforme
5.1200	5.052	0.0767	2	4.3027	0.0630	0.3000	Conforme
5.0100	4.949	0.0752	2	4.3027	0.0615	0.3000	Conforme
4.0900	4.000	0.0623	2	4.3027	0.0526	0.3000	Conforme

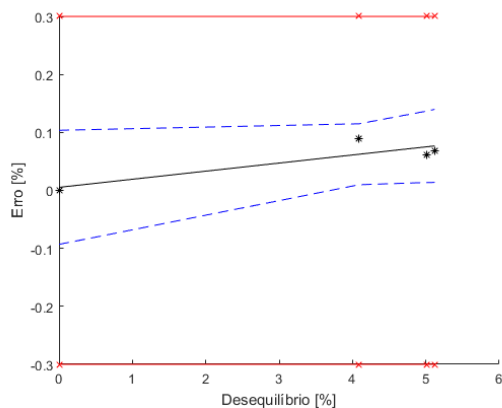


Tabela B.28: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.00	0.0002	7	2.3646	0.0097	0.3000	Conforme
5.0500	5.05	-0.0052	11	2.2010	0.0084	0.3000	Conforme
4.9400	4.95	-0.0051	11	2.2010	0.0083	0.3000	Conforme
1.5300	1.53	-0.0014	17	2.1098	0.0075	0.3000	Conforme

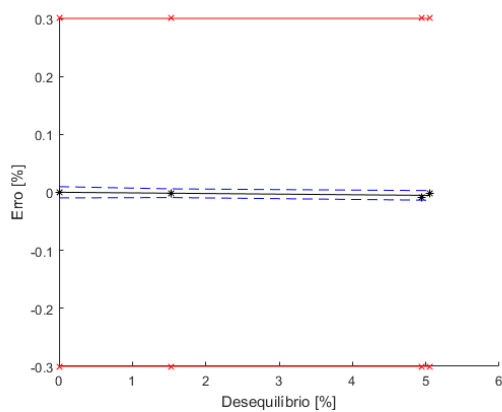


Tabela B.29: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.00	0.0034	2	4.3027	0.0764	0.3000	Conforme
5.0500	5.05	0.0163	2	4.3027	0.0493	0.3000	Conforme
4.9700	4.95	0.0161	2	4.3027	0.0484	0.3000	Conforme
4.0300	4.00	0.0137	2	4.3027	0.0413	0.3000	Conforme

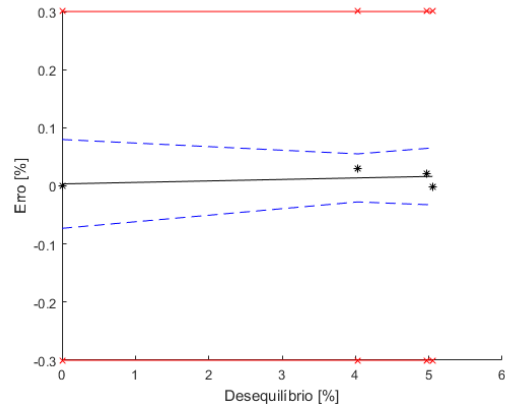


Tabela B.30: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0200	0.00	0.0271	2	4.3027	0.0928	0.3000	Conforme
5.0700	5.05	-0.0036	2	4.3027	0.0795	0.3000	Conforme
4.9200	4.95	-0.0027	2	4.3027	0.0769	0.3000	Conforme
1.5600	1.53	0.0177	2	4.3027	0.0662	0.3000	Conforme

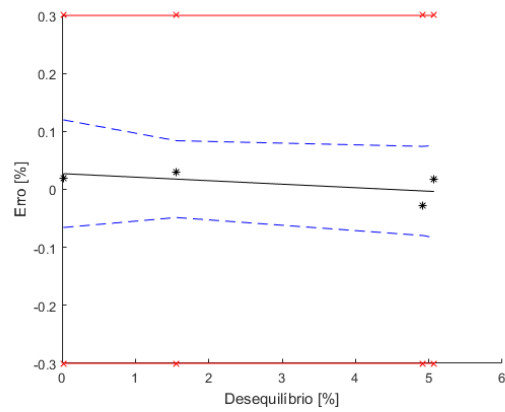


Tabela B.31: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0100	0.00	0.0175	2	4.3027	0.3156	0.3000	Não Conforme
5.0300	5.05	0.0564	2	4.3027	0.1860	0.3000	Conforme
5.0500	4.95	0.0565	2	4.3027	0.1868	0.3000	Conforme
4.0900	4.00	0.0491	2	4.3027	0.1565	0.3000	Conforme

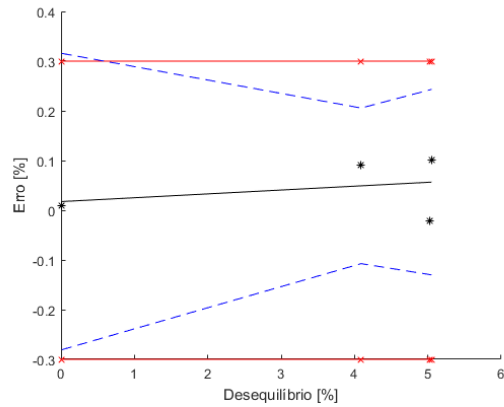
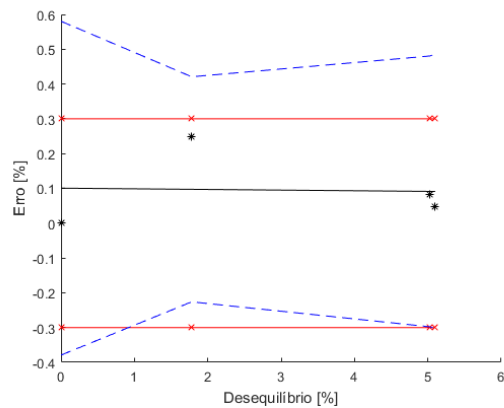


Tabela B.32: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0020	0.00	0.1006	2	4.3027	0.4796	0.3000	Não Conforme
5.1000	5.05	0.0912	2	4.3027	0.3955	0.3000	Não Conforme
5.0300	4.95	0.0913	2	4.3027	0.3893	0.3000	Não Conforme
1.7800	1.53	0.0973	2	4.3027	0.3235	0.3000	Não Conforme



B.2.6 Tensões Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a distorção harmônica total (DHT) a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.33: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[Hz]			[V]	[V]	
2.0240	2.00	0.0244	7	2.3646	0.0802	0.3000	Conforme
4.0240	4.00	0.0504	7	2.3646	0.0608	0.4024	Conforme
5.0150	5.00	0.0633	7	2.3646	0.0588	0.5015	Conforme
10.2460	10.00	0.1314	7	2.3646	0.1201	1.0246	Conforme
7.0590	7.00	0.0899	7	2.3646	0.0728	0.7059	Conforme
8.0800	8.00	0.1032	7	2.3646	0.0860	0.8080	Conforme
4.9500	5.00	0.0624	7	2.3646	0.0588	0.4950	Conforme
1.0750	1.00	0.0120	7	2.3646	0.0936	0.3000	Conforme
1.0760	1.00	0.0120	7	2.3646	0.0936	0.3000	Conforme

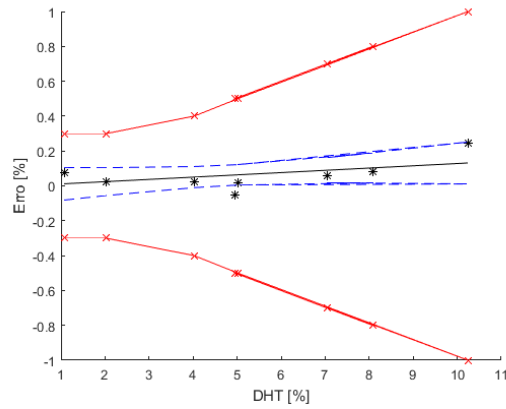


Tabela B.34: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0300	2.00	0.0524	8	2.3060	0.0243	0.3000	Conforme
3.9720	4.00	-0.0104	9	2.2622	0.0185	0.3972	Conforme
4.9490	5.00	-0.0420	9	2.2622	0.0180	0.4949	Conforme
9.7830	10.00	-0.1983	7	2.3646	0.0358	0.9783	Conforme
6.9130	7.00	-0.1055	8	2.3060	0.0223	0.6913	Conforme
7.8630	8.00	-0.1362	8	2.3060	0.0260	0.7863	Conforme
4.9990	5.00	-0.0436	9	2.2622	0.0180	0.4999	Conforme
1.0880	1.00	0.0828	7	2.3646	0.0290	0.3000	Conforme
1.0850	1.00	0.0829	7	2.3646	0.0290	0.3000	Conforme

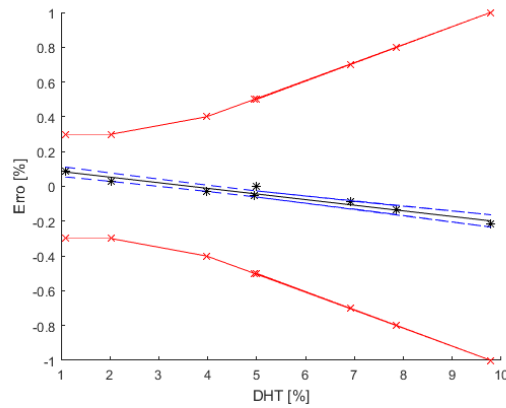


Tabela B.35: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.1000	2.00	0.0677	8	2.3060	0.0214	0.3000	Conforme
4.0000	4.00	0.0166	9	2.2622	0.0165	0.4000	Conforme
4.9860	5.00	-0.0099	10	2.2281	0.0158	0.4986	Conforme
9.8400	10.00	-0.1406	7	2.3646	0.0316	0.9840	Conforme
6.9540	7.00	-0.0629	8	2.3060	0.0198	0.6954	Conforme
7.9190	8.00	-0.0889	8	2.3060	0.0230	0.7919	Conforme
5.0020	5.00	-0.0104	10	2.2281	0.0158	0.5002	Conforme
1.0810	1.00	0.0952	8	2.3060	0.0251	0.3000	Conforme
1.0800	1.0000	0.0952	8	2.3060	0.0251	0.3000	Conforme

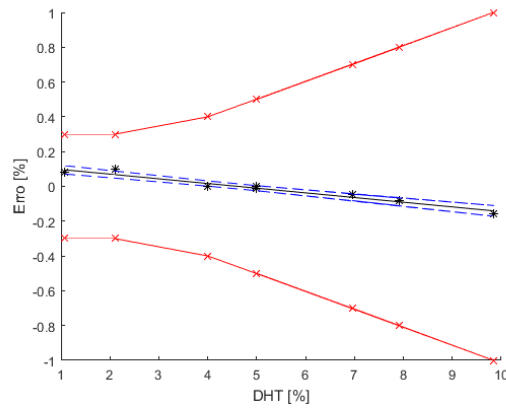


Tabela B.36: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0600	2.00	-0.0120	7	2.3646	0.0941	0.3000	Conforme
4.0800	4.00	0.0372	7	2.3646	0.0718	0.4080	Conforme
4.9900	5.00	0.0594	7	2.3646	0.0698	0.4990	Conforme
10.3200	10.00	0.1892	7	2.3646	0.1431	1.0320	Conforme
7.0500	7.00	0.1096	7	2.3646	0.0861	0.7050	Conforme
8.1000	8.00	0.1351	7	2.3646	0.1020	0.8100	Conforme
4.9200	5.00	0.0577	7	2.3646	0.0697	0.4920	Conforme
0.9900	1.00	-0.0381	7	2.3646	0.1119	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	-0.0381	7	2.3646	0.1119	0.3000	Conforme

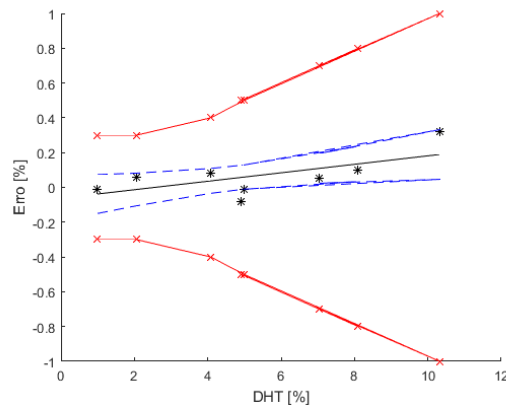


Tabela B.37: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9300	2.00	-0.0290	7	2.3646	0.0486	0.3000	Conforme
3.8900	4.00	-0.0772	7	2.3646	0.0369	0.3890	Conforme
4.9200	5.00	-0.1025	7	2.3646	0.0357	0.4920	Conforme
9.7300	10.00	-0.2209	7	2.3646	0.0705	0.9730	Conforme
6.8800	7.00	-0.1508	7	2.3646	0.0444	0.6880	Conforme
7.8200	8.00	-0.1739	7	2.3646	0.0519	0.7820	Conforme
4.9800	5.00	-0.1040	7	2.3646	0.0358	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	-0.0059	7	2.3646	0.0570	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	-0.0059	7	2.3646	0.0570	0.3000	Conforme

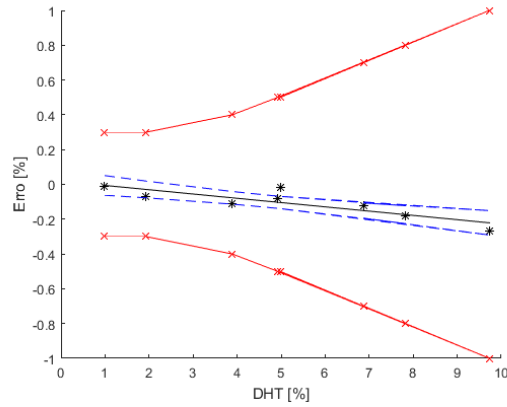


Tabela B.38: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9700	2.00	-0.0085	7	2.3646	0.0692	0.3000	Conforme
3.9400	4.00	-0.0333	7	2.3646	0.0524	0.3940	Conforme
4.9700	5.00	-0.0463	7	2.3646	0.0508	0.4970	Conforme
9.7900	10.00	-0.1070	7	2.3646	0.1001	0.9790	Conforme
7.0500	7.00	-0.0725	7	2.3646	0.0642	0.7050	Conforme
7.9300	8.00	-0.0835	7	2.3646	0.0744	0.7930	Conforme
4.9800	5.00	-0.0464	7	2.3646	0.0508	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	0.0038	7	2.3646	0.0815	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0038	7	2.3646	0.0815	0.3000	Conforme

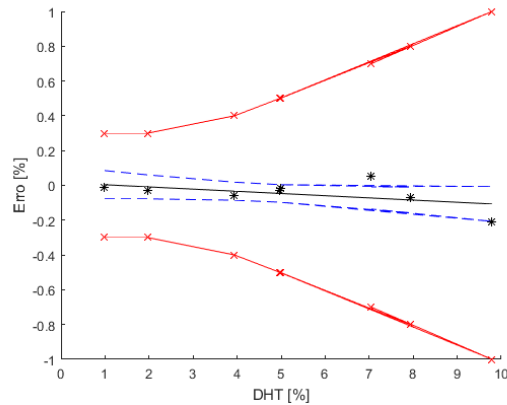


Tabela B.39: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0400	2.00	0.0068	7	2.3646	0.0486	0.3000	Conforme
4.0100	4.00	-0.0029	7	2.3646	0.0372	0.4010	Conforme
5.0000	5.00	-0.0078	7	2.3646	0.0361	0.5000	Conforme
9.9000	10.00	-0.0319	7	2.3646	0.0711	0.9900	Conforme
7.0200	7.00	-0.0177	7	2.3646	0.0450	0.7020	Conforme
8.0400	8.00	-0.0227	7	2.3646	0.0532	0.8040	Conforme
4.9500	5.00	-0.0075	7	2.3646	0.0361	0.4950	Conforme
0.9900	1.00	0.0119	7	2.3646	0.0578	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0119	7	2.3646	0.0578	0.3000	Conforme

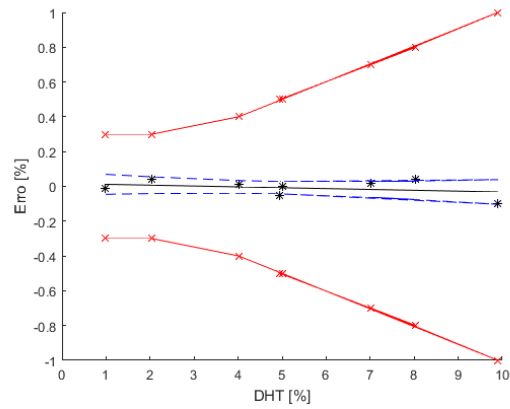


Tabela B.40: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9700	2.00	-0.0317	7	2.3646	0.0758	0.3000	Conforme
3.9600	4.00	-0.0194	7	2.3646	0.0576	0.3960	Conforme
4.9500	5.00	-0.0133	7	2.3646	0.0557	0.4950	Conforme
10.1500	10.00	0.0189	7	2.3646	0.1139	1.0150	Conforme
6.9400	7.00	-0.0010	7	2.3646	0.0686	0.6940	Conforme
7.9100	8.00	0.0050	7	2.3646	0.0804	0.7910	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

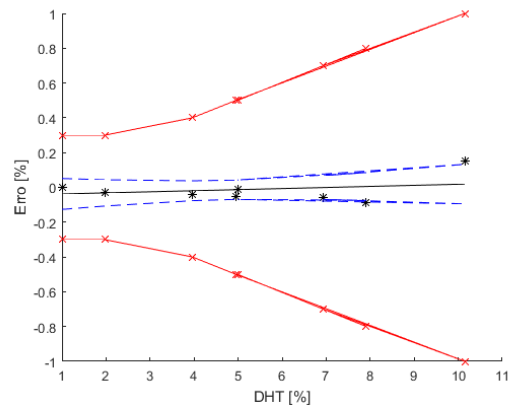


Tabela B.41: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9800	2.00	0.0006	7	2.3646	0.0354	0.3000	Conforme
3.9900	4.00	-0.0192	7	2.3646	0.0270	0.3990	Conforme
4.9800	5.00	-0.0289	8	2.3060	0.0257	0.4980	Conforme
9.8700	10.00	-0.0771	7	2.3646	0.0513	0.9870	Conforme
6.9800	7.00	-0.0486	7	2.3646	0.0325	0.6980	Conforme
7.9500	8.00	-0.0582	7	2.3646	0.0380	0.7950	Conforme
5.0200	5.00	-0.0293	8	2.3060	0.0257	0.5020	Conforme
1.0000	1.00	0.0103	7	2.3646	0.0416	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0104	7	2.3646	0.0417	0.3000	Conforme

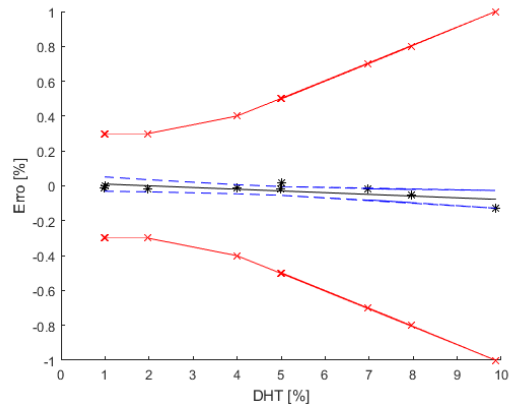


Tabela B.42: Tensão Harmônica Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.7100	0.70	-0.0229	3	2.7764	0.2461	0.3000	Conforme
2.7200	2.66	0.0064	3	2.7764	0.1850	0.3000	Conforme
4.6900	4.66	0.0352	3	2.7764	0.1459	0.4690	Conforme
6.6200	6.66	0.0634	3	2.7764	0.1446	0.6620	Conforme
8.6000	8.65	0.0923	3	2.7764	0.1822	0.8600	Conforme
10.9400	10.65	0.1265	3	2.7764	0.2535	1.0940	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

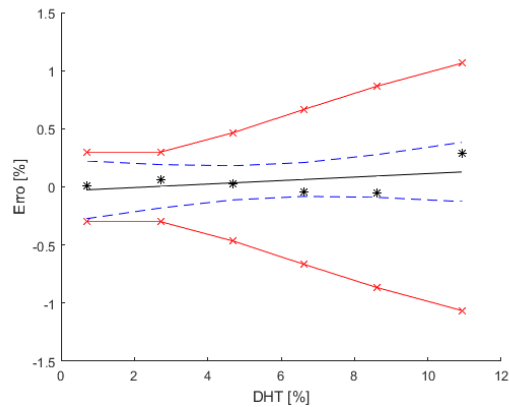


Tabela B.43: Tensão Harmônica Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6700	0.70	-0.0157	3	2.7764	0.1053	0.3000	Conforme
2.5900	2.66	-0.0152	3	2.7764	0.0796	0.3000	Conforme
4.5700	4.66	-0.0868	3	2.7764	0.0623	0.4570	Conforme
6.5800	6.66	-0.1235	3	2.7764	0.0625	0.6580	Conforme
8.5500	8.65	-0.1594	3	2.7764	0.0799	0.8550	Conforme
10.3900	10.65	-0.1929	3	2.7764	0.1045	1.0390	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

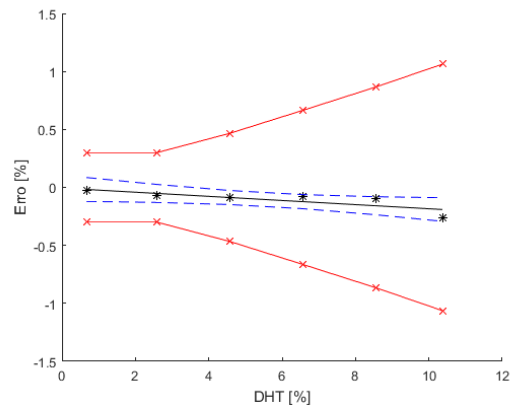
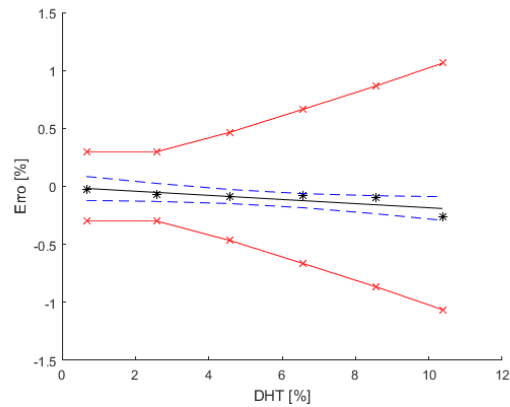


Tabela B.44: Tensão Harmônica Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6700	0.70	-0.0157	3	2.7764	0.1053	0.3000	Conforme
2.5900	2.66	-0.0152	3	2.7764	0.0796	0.3000	Conforme
4.5700	4.66	-0.0868	3	2.7764	0.0623	0.4570	Conforme
6.5800	6.66	-0.1235	3	2.7764	0.0625	0.6580	Conforme
8.5500	8.65	-0.1594	3	2.7764	0.0799	0.8550	Conforme
10.3900	10.65	-0.1929	3	2.7764	0.1045	1.0390	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme



B.2.7 Tensões Inter-Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações de inter-harmônicas a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.45: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9500	5.00	-0.0424	6	2.4469	0.0127	0.4950	Conforme
9.9200	10.00	-0.0812	3	3.1824	0.0283	0.9920	Conforme
4.9500	5.00	-0.0424	6	2.4469	0.0127	0.4950	Conforme
4.9700	5.00	-0.0425	6	2.4469	0.0127	0.4970	Conforme
0.9900	1.00	-0.0115	3	3.1824	0.0260	0.3000	Conforme

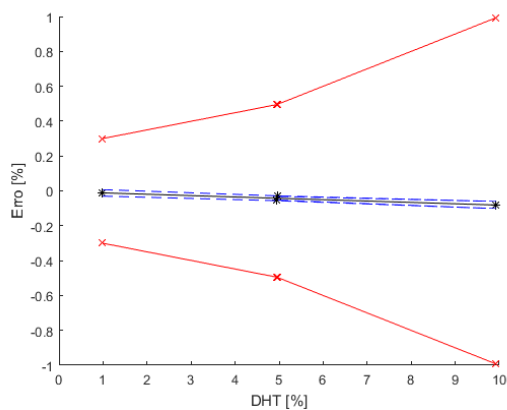


Tabela B.46: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9600	5.00	-0.0402	9	2.2622	0.0099	0.4960	Conforme
9.9100	10.00	-0.0852	4	2.7764	0.0196	0.9910	Conforme
4.9600	5.00	-0.0402	9	2.2622	0.0099	0.4960	Conforme
4.9700	5.00	-0.0403	9	2.2622	0.0099	0.4970	Conforme
0.9900	1.00	-0.0041	4	2.7764	0.0182	0.3000	Conforme

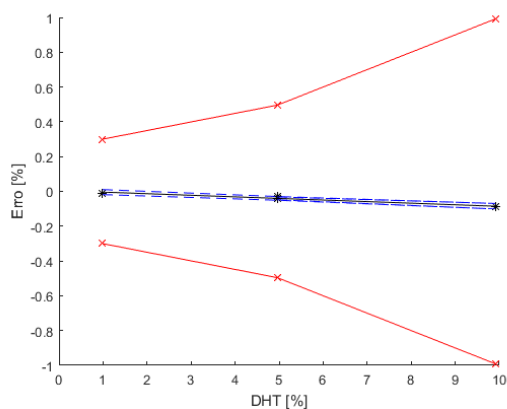


Tabela B.47: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9600	5.00	-0.0364	5	2.5706	0.0144	0.4960	Conforme
9.9200	10.00	-0.0758	3	3.1824	0.0312	0.9920	Conforme
4.9600	5.00	-0.0364	5	2.5706	0.0144	0.4960	Conforme
4.9800	5.00	-0.0366	5	2.5706	0.0144	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	-0.0048	3	3.1824	0.0286	0.3000	Conforme

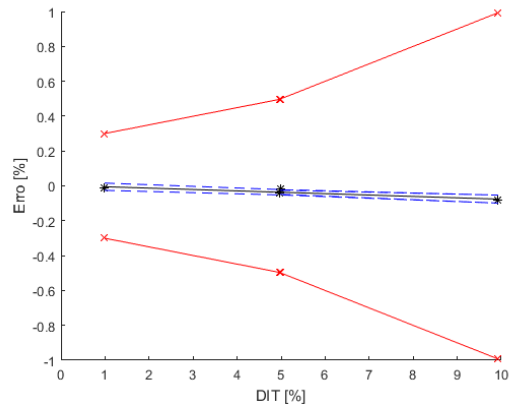


Tabela B.48: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9300	5.00	-0.0622	4	2.7764	0.0197	0.4930	Conforme
9.9000	10.00	-0.1059	3	3.1824	0.0412	0.9900	Conforme
4.9500	5.00	-0.0624	4	2.7764	0.0197	0.4950	Conforme
4.9200	5.00	-0.0621	4	2.7764	0.0197	0.4920	Conforme
0.9800	1.00	-0.0275	3	3.1824	0.0376	0.3000	Conforme

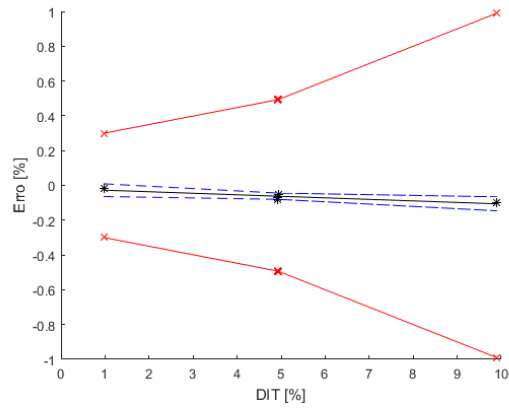


Tabela B.49: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.8000	5.00	-0.0852	3	3.1824	0.1082	0.4800	Conforme
9.8900	10.00	-0.1311	3	3.1824	0.2105	0.9890	Conforme
4.9600	5.00	-0.0866	3	3.1824	0.1077	0.4960	Conforme
4.9300	5.00	-0.0864	3	3.1824	0.1078	0.4930	Conforme
0.9800	1.00	-0.0507	3	3.1824	0.1899	0.3000	Conforme

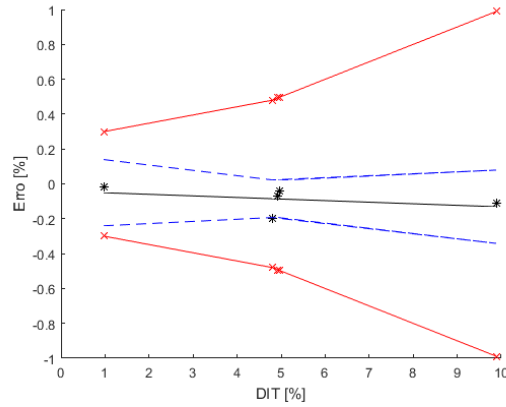


Tabela B.50: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.8800	5.00	-0.0624	3	3.1824	0.0540	0.4880	Conforme
9.9200	10.00	-0.0937	3	3.1824	0.1043	0.9920	Conforme
4.9500	5.00	-0.0628	3	3.1824	0.0539	0.4950	Conforme
4.9500	5.00	-0.0628	3	3.1824	0.0539	0.4950	Conforme
0.9800	1.00	-0.0382	3	3.1824	0.0945	0.3000	Conforme

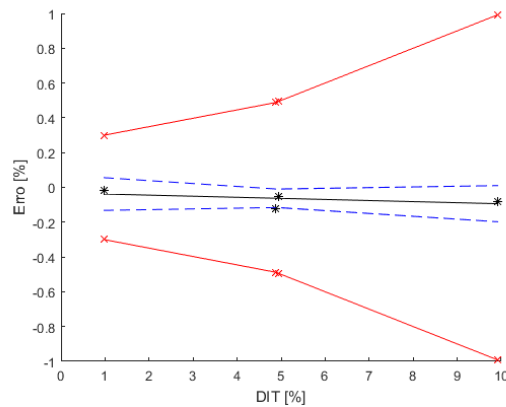


Tabela B.51: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9300	5.00	0.0021	3	3.1824	0.1028	0.4930	Conforme
9.9500	10.00	-0.0369	3	3.1824	0.1991	0.9950	Conforme
5.0000	5.00	0.0016	3	3.1824	0.1025	0.5000	Conforme
5.1000	5.00	0.0008	3	3.1824	0.1024	0.5100	Conforme
1.0200	1.00	0.0325	3	3.1824	0.1818	0.3000	Conforme

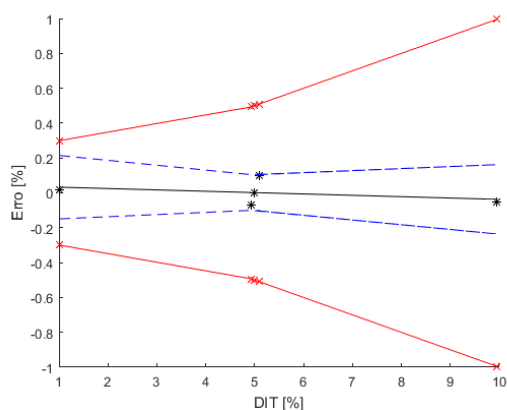


Tabela B.52: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9000	5.00	-0.0470	3	3.1824	0.1003	0.4900	Conforme
9.8500	10.00	-0.1465	3	3.1824	0.1947	0.9850	Conforme
4.9100	5.00	-0.0472	3	3.1824	0.1003	0.4910	Conforme
5.0500	5.00	-0.0500	3	3.1824	0.1000	0.5050	Conforme
1.0300	1.00	0.0307	3	3.1824	0.1772	0.3000	Conforme

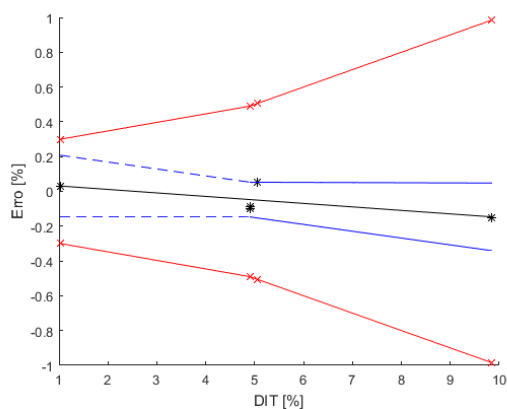
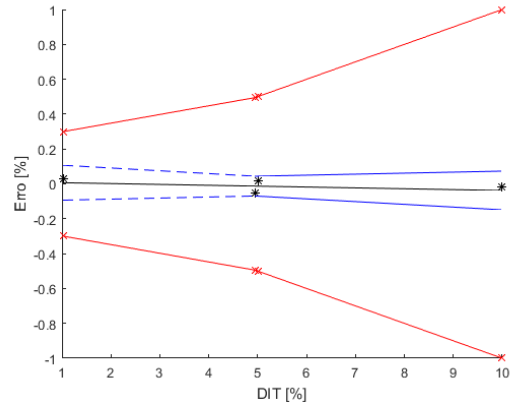


Tabela B.53: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9500	5.00	-0.0128	3	3.1824	0.0574	0.4950	Conforme
9.9800	10.00	-0.0378	3	3.1824	0.1112	0.9980	Conforme
4.9500	5.00	-0.0128	3	3.1824	0.0574	0.4950	Conforme
5.0200	5.00	-0.0132	3	3.1824	0.0573	0.5020	Conforme
1.0300	1.00	0.0066	3	3.1824	0.1005	0.3000	Conforme



B.2.8 VTCD

Tipo Q

Questionamento	Laudos	Observações
O IMA ao registrar um afundamento indica a amplitude e a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações
O IMA ao registrar uma elevação indica a amplitude e a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Questionamento	Laudos	Observações
O IMA ao registrar uma interrupção indica a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.54: Amplitude do Afundamento - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
17.950	18.000	-0.0517	6.0000	2.4469	0.0357	1.27	Conforme
29.950	30.000	-0.0548	6.0000	2.4469	0.0292	1.27	Conforme
41.950	42.000	-0.0579	7.0000	2.3646	0.0232	1.27	Conforme
53.930	54.000	-0.0610	7.0000	2.3646	0.0202	1.27	Conforme
65.900	66.000	-0.0640	7.0000	2.3646	0.0202	1.27	Conforme
77.950	78.000	-0.0671	7.0000	2.3646	0.0232	1.27	Conforme
89.960	90.000	-0.0702	6.0000	2.4469	0.0293	1.27	Conforme
101.910	102.000	-0.0733	6.0000	2.4469	0.0357	1.27	Conforme

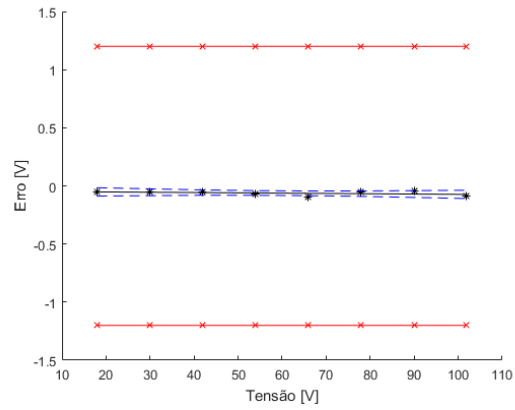


Tabela B.55: Amplitude do Afundamento - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.93	18.00	-0.1075	6.0000	2.4469	0.0536	1.27	Conforme
29.89	30.00	-0.1054	6.0000	2.4469	0.0437	1.27	Conforme
41.85	42.00	-0.1032	6.0000	2.4469	0.0356	1.27	Conforme
53.90	54.00	-0.1011	6.0000	2.4469	0.0306	1.27	Conforme
65.87	66.00	-0.0989	6.0000	2.4469	0.0306	1.27	Conforme
77.93	78.00	-0.0968	6.0000	2.4469	0.0355	1.27	Conforme
89.94	90.00	-0.0946	6.0000	2.4469	0.0437	1.27	Conforme
101.89	102.00	-0.0925	6.0000	2.4469	0.0536	1.27	Conforme

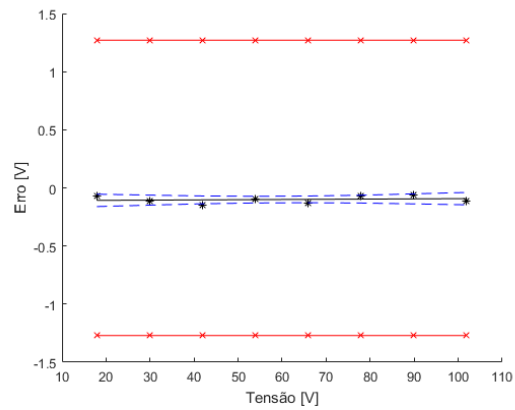


Tabela B.56: Amplitude do Afundamento - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.90	18.00	-0.1117	6.0000	2.4469	0.0558	1.27	Conforme
29.91	30.00	-0.1094	6.0000	2.4469	0.0454	1.27	Conforme
41.89	42.00	-0.1072	6.0000	2.4469	0.0369	1.27	Conforme
53.87	54.00	-0.1049	6.0000	2.4469	0.0318	1.27	Conforme
65.84	66.00	-0.1026	6.0000	2.4469	0.0318	1.27	Conforme
77.92	78.00	-0.1003	6.0000	2.4469	0.0369	1.27	Conforme
89.95	90.00	-0.0980	6.0000	2.4469	0.0455	1.27	Conforme
101.89	102.00	-0.0958	6.0000	2.4469	0.0558	1.27	Conforme

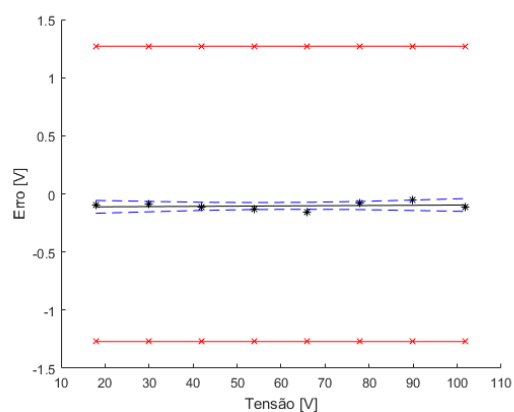


Tabela B.57: Amplitude da Elevação - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.10	132.00	0.1651	8.0000	2.3060	0.0935	1.27	Conforme
136.92	136.80	0.1619	8.0000	2.3060	0.0793	1.27	Conforme
141.90	141.60	0.1587	8.0000	2.3060	0.0664	1.27	Conforme
146.60	146.40	0.1556	8.0000	2.3060	0.0568	1.27	Conforme
151.30	151.20	0.1526	8.0000	2.3060	0.0513	1.27	Conforme
156.15	156.00	0.1494	8.0000	2.3060	0.0512	1.27	Conforme
160.90	160.80	0.1464	8.0000	2.3060	0.0568	1.27	Conforme
165.80	165.60	0.1432	8.0000	2.3060	0.0668	1.27	Conforme

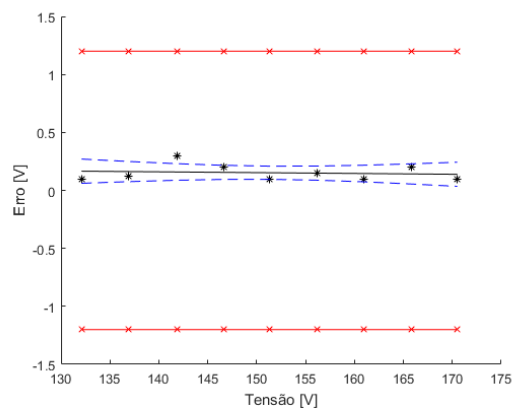


Tabela B.58: Amplitude da Elevação - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.07	132.00	0.0798	8.0000	2.3060	0.0566	1.27	Conforme
136.94	136.80	0.0900	8.0000	2.3060	0.0480	1.27	Conforme
141.70	141.60	0.0999	8.0000	2.3060	0.0406	1.27	Conforme
146.55	146.40	0.1100	8.0000	2.3060	0.0347	1.27	Conforme
151.25	151.20	0.1198	8.0000	2.3060	0.0314	1.27	Conforme
156.10	156.00	0.1300	8.0000	2.3060	0.0314	1.27	Conforme
160.92	160.80	0.1400	8.0000	2.3060	0.0347	1.27	Conforme
165.72	165.60	0.1500	8.0000	2.3060	0.0406	1.27	Conforme

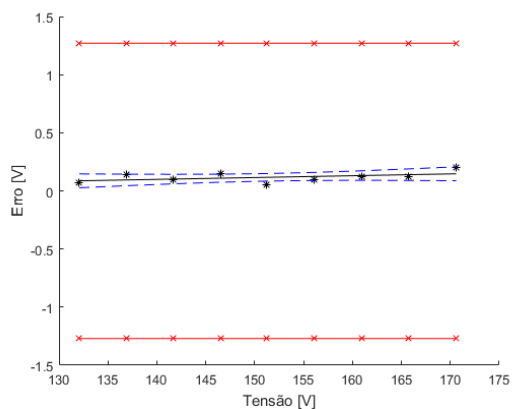


Tabela B.59: Amplitude da Elevação - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.23	132.00	0.1095	8.0000	2.3060	0.1363	1.27	Conforme
136.70	136.80	0.1119	8.0000	2.3060	0.1170	1.27	Conforme
141.76	141.60	0.1146	8.0000	2.3060	0.0976	1.27	Conforme
146.52	146.40	0.1171	8.0000	2.3060	0.0832	1.27	Conforme
151.32	151.20	0.1197	8.0000	2.3060	0.0749	1.27	Conforme
156.25	156.00	0.1224	8.0000	2.3060	0.0751	1.27	Conforme
160.88	160.80	0.1248	8.0000	2.3060	0.0831	1.27	Conforme
165.69	165.60	0.1274	8.0000	2.3060	0.0976	1.27	Conforme

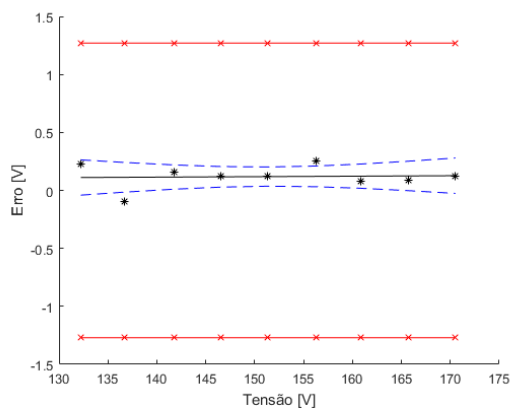


Tabela B.60: Duração do Afundamento - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Ciclos]	[Ciclos]	[Ciclos]			[Ciclos]	[Ciclos]	
1.00	1.00	0.0289	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
1.50	1.50	0.0465	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
2.50	2.50	0.0522	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
10.00	10.00	0.0571	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
30.00	30.00	0.0636	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
150.00	150.00	0.0638	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme

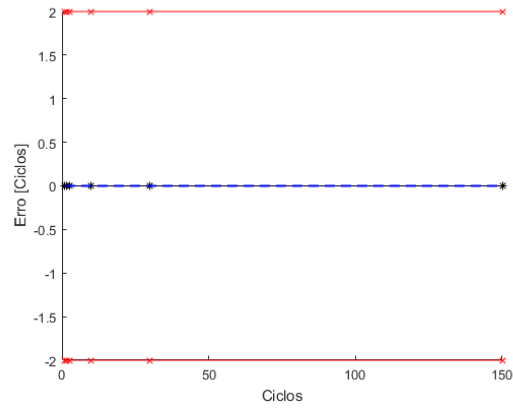


Tabela B.61: Duração da Elevação - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Ciclos]	[Ciclos]	[Ciclos]			[Ciclos]	[Ciclos]	
1.00	1.00	0.0289	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
1.50	1.50	0.0465	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
2.50	2.50	0.0522	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
10.00	10.00	0.0571	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
30.00	30.00	0.0636	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
150.00	150.00	0.0638	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme

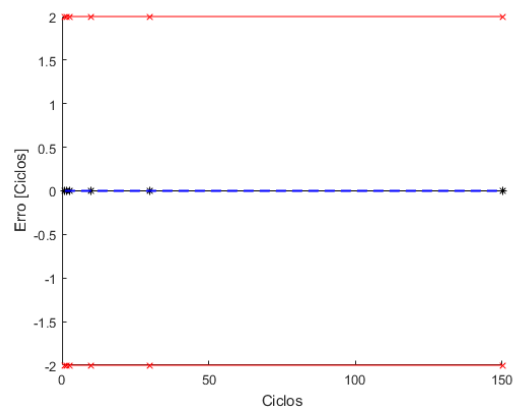
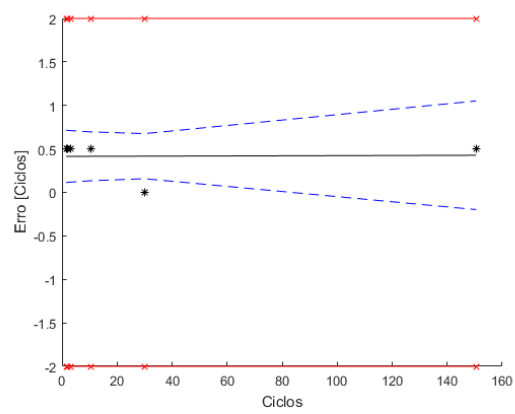


Tabela B.62: Duração da Interrupção

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Ciclos]	[Ciclos]	[Ciclos]			[Ciclos]	[Ciclos]	
1.5000	1.0000	0.4140	4.00	2.7764	0.3000	2.00	Conforme
2.0000	1.5000	0.4140	4.00	2.7764	0.2988	2.00	Conforme
3.0000	2.5000	0.4141	4.00	2.7764	0.2964	2.00	Conforme
10.5000	10.0000	0.4148	4.00	2.7764	0.2805	2.00	Conforme
30.0000	30.0000	0.4164	4.00	2.7764	0.2591	2.00	Conforme
150.5000	150.00	0.4267	4	2.7764	1.0511	2.00	Conforme



B.3 Instrumento 2

B.3.1 Laudo Geral

A Tabela B.63 apresenta o laudo final do instrumento identificado, com base na metodologia anteriormente descrita. O detalhamento dos resultados nos Testes de Desempenho Funcional dos Instrumentos de Medição da Qualidade da Energia Elétrica é exibido nas paginas posteriores.

Tabela B.63: Laudo do Instrumento 2

Grandezas	Laudo
	Instrumento 1
Frequência Elétrica	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme
Flutuação de Tensão	Não Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Conforme
Tensões Harmônicas	Conforme
Tensões Inter-Harmônicas	Conforme
Amplitude do Afundamento	Conforme
Amplitude da Elevação	Conforme
Duração do Afundamento	Conforme
Duração da Elevação	Conforme
Duração da interrupção	Não Conforme

B.3.2 Frequência

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações de frequência a cada 10 s do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Atenuação de harmônicas	60,00	60,00	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.64: Frequência Condição 1

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

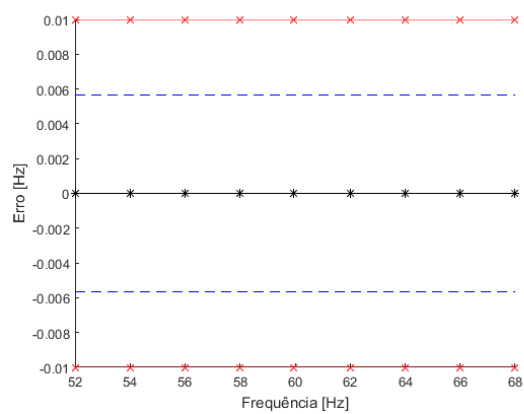


Tabela B.65: Frequência Condição 2

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

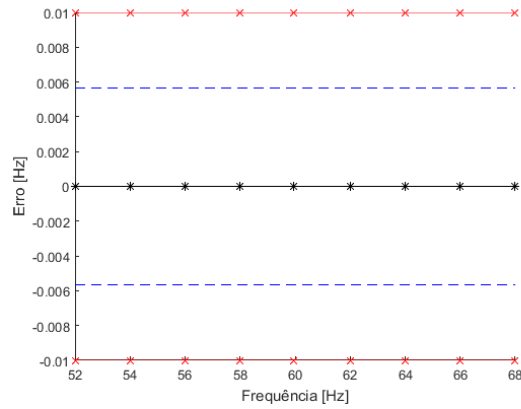


Tabela B.66: Frequência Condição 3

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

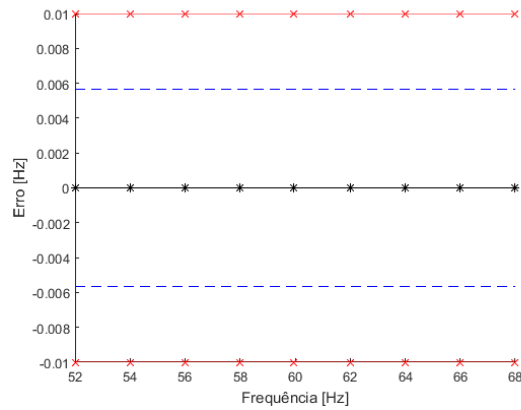
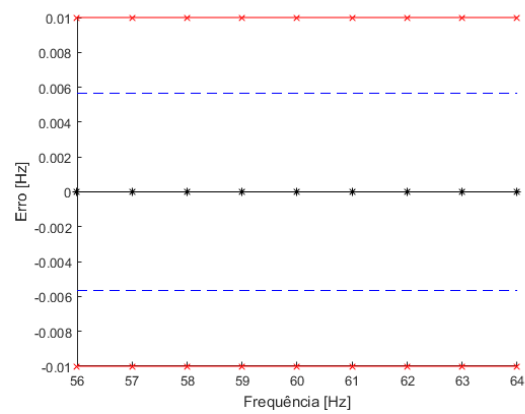


Tabela B.67: Frequência Variável

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
57.00	57.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
59.00	59.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
61.00	61.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
63.00	63.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme



B.3.3 Magnitude da Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudos	Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 12 ciclos, conforme o item 4.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudos	Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 1	169.62	169.73	Conforme	Sem Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 2	119.08	120.17	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.68: Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
12.0000	12.00	0.0086	22	2.0739	0.0094	0.1200	Conforme
53.9800	54.00	-0.0086	51	2.0076	0.0074	0.1200	Conforme
95.9700	96.00	-0.0258	46	2.0129	0.0076	0.1200	Conforme
137.9600	138.00	-0.0430	20	2.0860	0.0098	0.1200	Conforme
179.9500	180.00	-0.0602	13	2.1604	0.0131	0.1200	Conforme

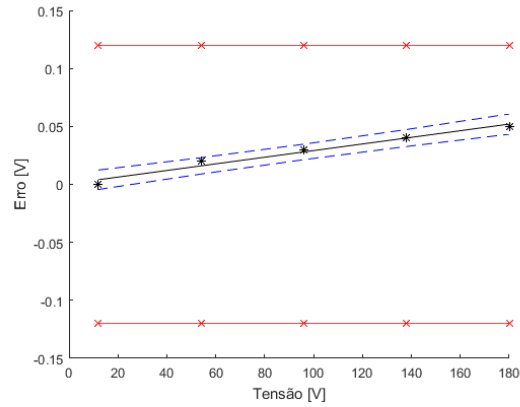


Tabela B.69: Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
12.0000	12.00	-0.0060	5	2.5706	0.0146	0.1200	Conforme
53.9800	54.00	-0.0160	8	2.3060	0.0104	0.1200	Conforme
95.9700	96.00	-0.0260	12	2.1788	0.0088	0.1200	Conforme
137.9600	138.00	-0.0360	8	2.3060	0.0104	0.1200	Conforme
179.9600	180.00	-0.0460	5	2.5706	0.0146	0.1200	Conforme

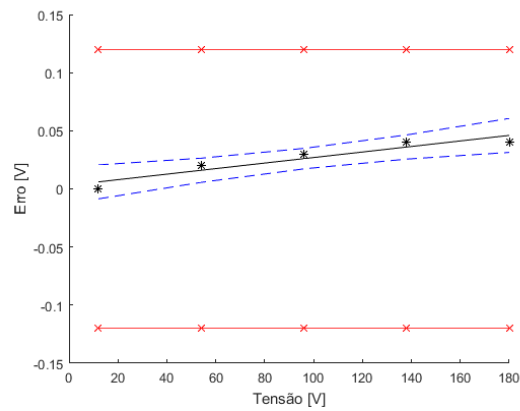


Tabela B.70: Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
12.0000	12.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.1200	Conforme
53.9800	54.00	-0.0160	28	2.0484	0.0072	0.1200	Conforme
95.9700	96.00	-0.0280	51	2.0076	0.0067	0.1200	Conforme
137.9600	138.00	-0.0400	28	2.0484	0.0072	0.1200	Conforme
179.9500	180.00	-0.0520	12	2.1788	0.0088	0.1200	Conforme

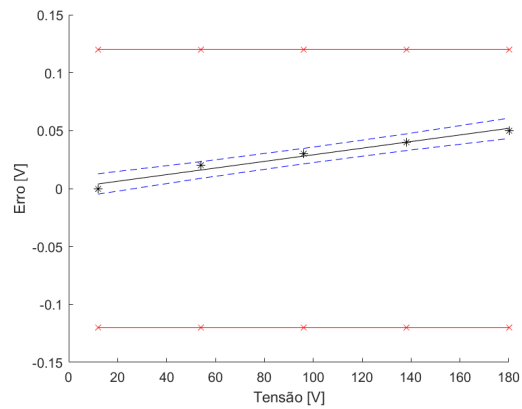


Tabela B.71: Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.3200	17.31	0.0269	3	3.1824	0.0805	0.1200	Conforme
77.9200	77.89	0.0189	3	3.1824	0.0573	0.1200	Conforme
138.4800	138.47	0.0109	3	3.1824	0.0471	0.1200	Conforme
199.1000	199.06	0.0029	3	3.1824	0.0573	0.1200	Conforme
259.6000	259.64	-0.0051	3	3.1824	0.0805	0.1200	Conforme

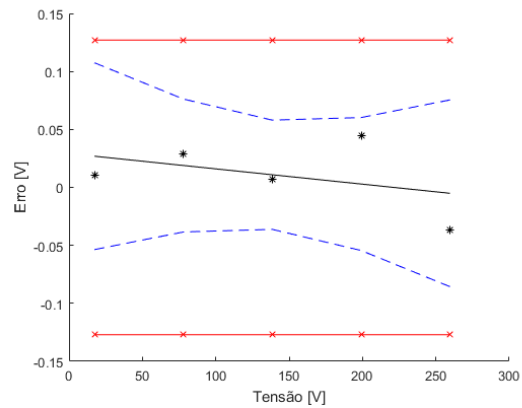


Tabela B.72: Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.9900	18.97	0.0189	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme
85.3800	85.36	0.0271	5	2.5706	0.0155	0.1200	Conforme
151.7900	151.75	0.0353	6	2.4469	0.0127	0.1200	Conforme
218.2000	218.14	0.0435	5	2.5706	0.0155	0.1200	Conforme
284.5800	284.54	0.0517	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme

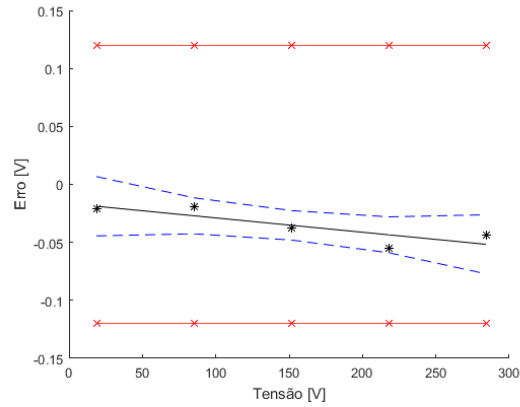


Tabela B.73: Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
20.6500	20.63	0.0189	3	3.1824	0.0372	0.1200	Conforme
92.8500	92.83	0.0293	3	3.1824	0.0271	0.1200	Conforme
165.0900	165.03	0.0397	4	2.7764	0.0198	0.1200	Conforme
237.2700	237.23	0.0501	3	3.1824	0.0271	0.1200	Conforme
309.5000	309.44	0.0605	3	3.1824	0.0372	0.1200	Conforme

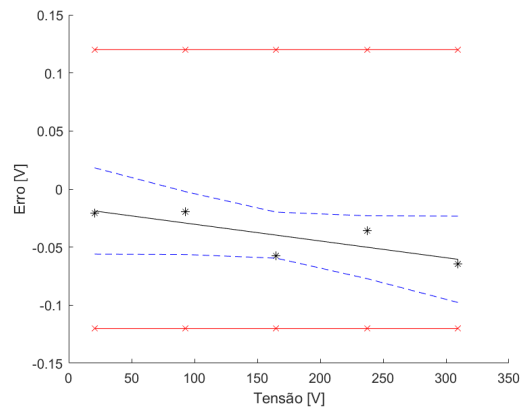


Tabela B.74: Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.3500	17.31	0.0269	3	3.1824	0.0349	0.1200	Conforme
77.9200	77.89	0.0389	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme
138.5100	138.47	0.0509	4	2.7764	0.0188	0.1200	Conforme
199.1200	199.06	0.0629	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme
259.7200	259.64	0.0749	3	3.1824	0.0349	0.1200	Conforme

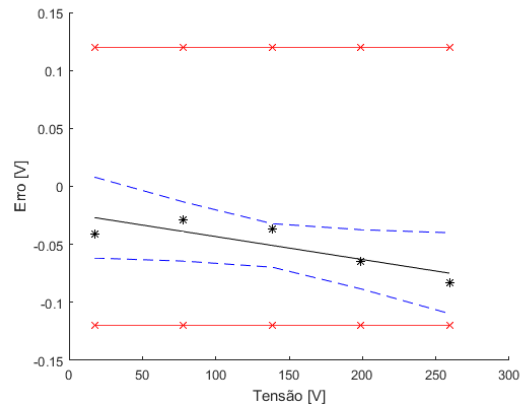


Tabela B.75: Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
15.9800	15.94	0.0163	3	3.1824	0.0509	0.1200	Conforme
71.7400	71.74	0.0223	3	3.1824	0.0366	0.1200	Conforme
127.5500	127.53	0.0282	3	3.1824	0.0304	0.1200	Conforme
183.3600	183.33	0.0342	3	3.1824	0.0366	0.1200	Conforme
239.1800	239.13	0.0402	3	3.1824	0.0510	0.1200	Conforme

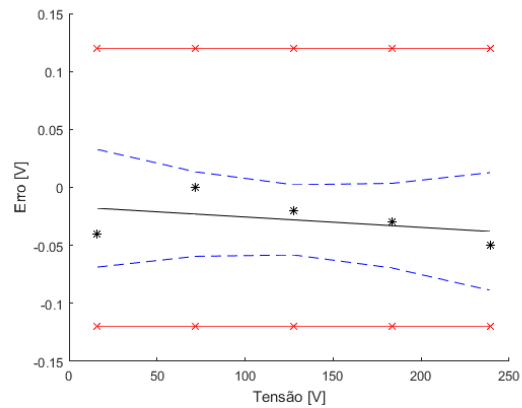


Tabela B.76: Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
14.6100	14.58	0.0140	3	3.1824	0.0460	0.1200	Conforme
65.6000	65.59	0.0279	3	3.1824	0.0332	0.1200	Conforme
116.6400	116.61	0.0418	3	3.1824	0.0276	0.1200	Conforme
167.6800	167.62	0.0557	3	3.1824	0.0331	0.1200	Conforme
218.7200	218.64	0.0696	3	3.1824	0.0460	0.1200	Conforme

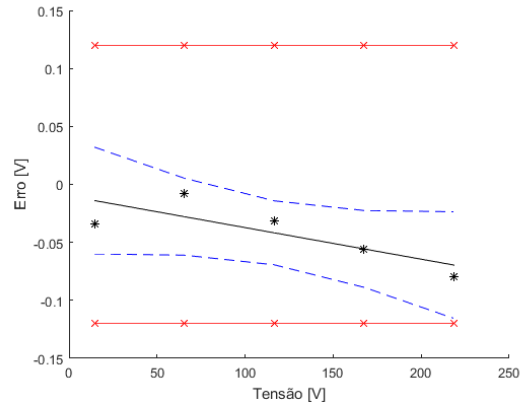


Tabela B.77: Magnitude de Tensão Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.8000	17.79	-0.0107	2	2.2622	0.0221	0.1200	Conforme
41.6800	41.71	-0.0239	2	2.2281	0.0176	0.1200	Conforme
65.6600	65.68	-0.0372	2	2.1788	0.0139	0.1200	Conforme
77.6200	77.67	-0.0438	2	2.1604	0.0126	0.1200	Conforme
92.0000	92.07	-0.0518	2	2.1314	0.0118	0.1200	Conforme
107.6000	107.67	-0.0605	2	2.1448	0.0120	0.1200	Conforme
119.5800	119.66	-0.0671	2	2.1604	0.0128	0.1200	Conforme
131.5800	131.66	-0.0738	2	2.1788	0.0141	0.1200	Conforme
149.5800	149.66	-0.0838	2	2.2281	0.0170	0.1200	Conforme
173.5800	173.66	-0.0971	2	2.2622	0.0214	0.1200	Conforme

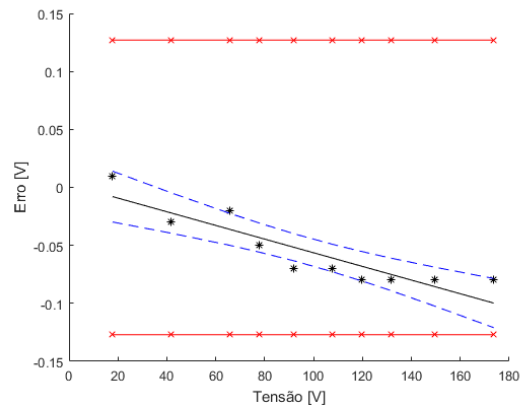


Tabela B.78: Magnitude de Tensão Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.8000	17.79	-0.0025	2	2.2622	0.0206	0.1200	Conforme
41.7000	41.71	-0.0140	2	2.2010	0.0163	0.1200	Conforme
65.6600	65.68	-0.0256	2	2.1604	0.0130	0.1200	Conforme
77.6400	77.67	-0.0313	2	2.1314	0.0118	0.1200	Conforme
92.0200	92.07	-0.0382	2	2.1199	0.0111	0.1200	Conforme
107.6200	107.67	-0.0457	2	2.1199	0.0112	0.1200	Conforme
119.6000	119.66	-0.0515	2	2.1448	0.0120	0.1200	Conforme
131.5800	131.66	-0.0573	2	2.1604	0.0132	0.1200	Conforme
149.6000	149.66	-0.0659	2	2.2010	0.0157	0.1200	Conforme
173.6000	173.66	-0.0775	2	2.2281	0.0197	0.1200	Conforme

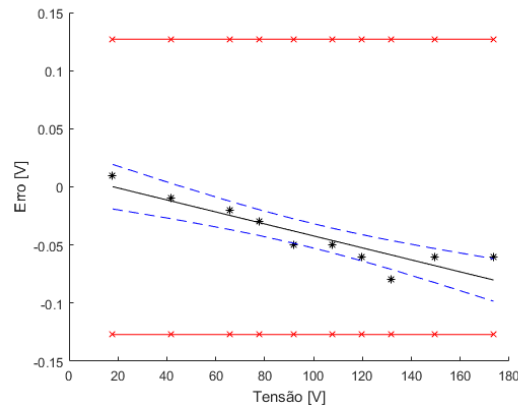
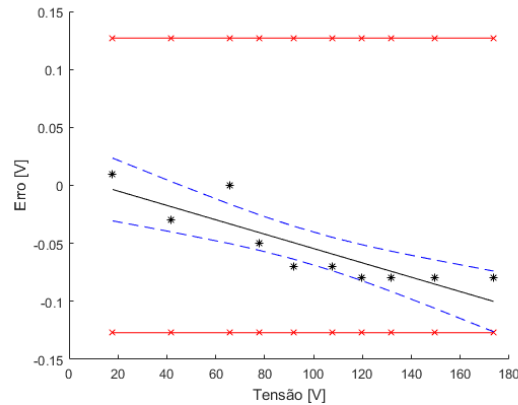


Tabela B.79: Magnitude de Tensão Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.8000	17.79	-0.0062	2	2.2622	0.0271	0.1200	Conforme
41.6800	41.71	-0.0202	2	2.2622	0.0217	0.1200	Conforme
65.6800	65.68	-0.0342	2	2.2281	0.0170	0.1200	Conforme
77.6200	77.67	-0.0412	2	2.2010	0.0153	0.1200	Conforme
92.0000	92.07	-0.0496	2	2.1788	0.0142	0.1200	Conforme
107.6000	107.67	-0.0588	2	2.1788	0.0144	0.1200	Conforme
119.5800	119.66	-0.0658	2	2.2010	0.0155	0.1200	Conforme
131.5800	131.66	-0.0728	2	2.2281	0.0173	0.1200	Conforme
149.5800	149.66	-0.0833	2	2.2622	0.0208	0.1200	Conforme
173.5800	173.66	-0.0974	2	2.2622	0.0262	0.1200	Conforme



B.3.4 Flutuação de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações da flutuação - <i>Output 5</i> , conforme a norma IEC 61000-4-15?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Pst a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Plt a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.80: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4870	0.5000	-0.0188	8	2.3060	0.0049	0.0244	Conforme
1.4590	1.5000	-0.0403	8	2.3060	0.0042	0.0730	Conforme
2.4340	2.5000	-0.0619	8	2.3060	0.0035	0.1217	Conforme
3.4150	3.5000	-0.0835	8	2.3060	0.0030	0.1708	Conforme
4.3970	4.5000	-0.1052	9	2.2622	0.0027	0.2199	Conforme
5.3710	5.5000	-0.1268	9	2.2622	0.0027	0.2686	Conforme
6.3490	6.5000	-0.1484	8	2.3060	0.0030	0.3175	Conforme
7.3290	7.5000	-0.1700	8	2.3060	0.0035	0.3665	Conforme
8.3070	8.5000	-0.1917	8	2.3060	0.0042	0.4154	Conforme
9.2920	9.5000	-0.2134	8	2.3060	0.0049	0.4646	Conforme

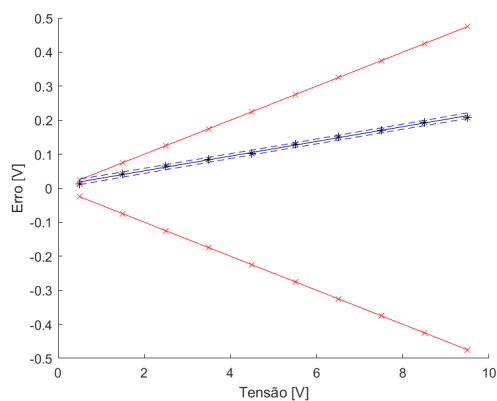


Tabela B.81: Flutuação de Tensão Condição 1- Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4850	0.5000	-0.0211	8	2.3060	0.0053	0.0243	Conforme
1.4560	1.5000	-0.0424	8	2.3060	0.0045	0.0728	Conforme
2.4300	2.5000	-0.0638	8	2.3060	0.0038	0.1215	Conforme
3.4120	3.5000	-0.0854	8	2.3060	0.0033	0.1706	Conforme
4.3910	4.5000	-0.1069	8	2.3060	0.0029	0.2196	Conforme
5.3760	5.5000	-0.1285	8	2.3060	0.0029	0.2688	Conforme
6.3530	6.5000	-0.1500	8	2.3060	0.0033	0.3177	Conforme
7.3290	7.5000	-0.1714	8	2.3060	0.0038	0.3665	Conforme
8.3060	8.5000	-0.1929	8	2.3060	0.0045	0.4153	Conforme
9.2850	9.5000	-0.2144	8	2.3060	0.0053	0.4643	Conforme

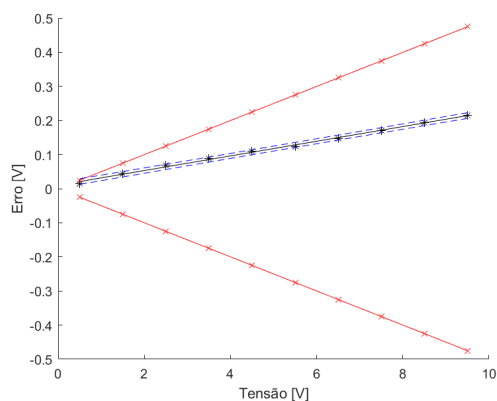


Tabela B.82: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4880	0.5000	-0.0149	8	2.3060	0.0037	0.0244	Conforme
1.4630	1.5000	-0.0373	8	2.3060	0.0031	0.0732	Conforme
2.4370	2.5000	-0.0597	9	2.2622	0.0026	0.1219	Conforme
3.4150	3.5000	-0.0822	9	2.2622	0.0022	0.1708	Conforme
4.3970	4.5000	-0.1047	9	2.2622	0.0020	0.2199	Conforme
5.3710	5.5000	-0.1271	9	2.2622	0.0020	0.2686	Conforme
6.3540	6.5000	-0.1497	9	2.2622	0.0022	0.3177	Conforme
7.3290	7.5000	-0.1721	9	2.2622	0.0026	0.3665	Conforme
8.3030	8.5000	-0.1944	8	2.3060	0.0031	0.4152	Conforme
9.2840	9.5000	-0.2170	8	2.3060	0.0037	0.4642	Conforme

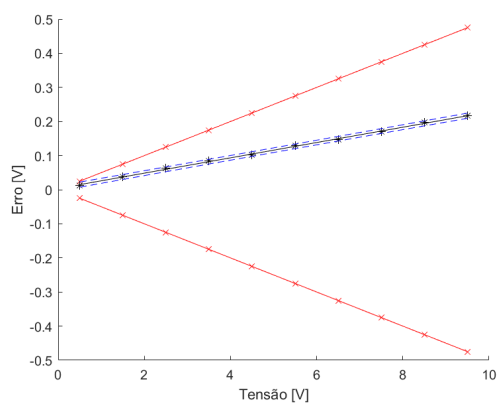


Tabela B.83: Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4960	0.5000	-0.0040	9	2.2622	0.0208	0.0248	Conforme
1.4860	1.5000	-0.0145	9	2.2622	0.0178	0.0743	Conforme
2.4780	2.5000	-0.0250	9	2.2622	0.0151	0.1239	Conforme
3.4730	3.5000	-0.0356	9	2.2622	0.0129	0.1737	Conforme
4.4440	4.5000	-0.0459	9	2.2622	0.0114	0.2222	Conforme
5.4510	5.5000	-0.0566	9	2.2622	0.0109	0.2726	Conforme
6.4200	6.5000	-0.0669	9	2.2622	0.0116	0.3210	Conforme
7.3980	7.5000	-0.0773	9	2.2622	0.0132	0.3699	Conforme
8.4470	8.5000	-0.0884	9	2.2622	0.0157	0.4224	Conforme
9.3980	9.5000	-0.0985	9	2.2622	0.0183	0.4699	Conforme

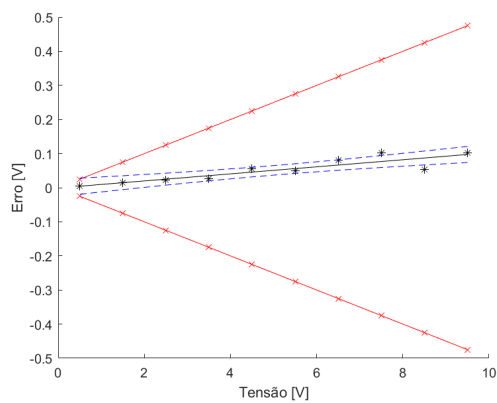


Tabela B.84: Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4960	0.5000	-0.0093	9	2.2622	0.0302	0.0248	Não Conforme
1.4880	1.5000	-0.0149	9	2.2622	0.0257	0.0744	Conforme
2.4780	2.5000	-0.0205	9	2.2622	0.0216	0.1239	Conforme
3.4680	3.5000	-0.0260	9	2.2622	0.0184	0.1734	Conforme
4.4780	4.5000	-0.0317	9	2.2622	0.0165	0.2239	Conforme
5.4450	5.5000	-0.0371	9	2.2622	0.0165	0.2723	Conforme
6.4730	6.5000	-0.0428	9	2.2622	0.0184	0.3237	Conforme
7.4520	7.5000	-0.0483	9	2.2622	0.0216	0.3726	Conforme
8.4010	8.5000	-0.0537	9	2.2622	0.0255	0.4201	Conforme
9.4770	9.5000	-0.0597	9	2.2622	0.0304	0.4739	Conforme

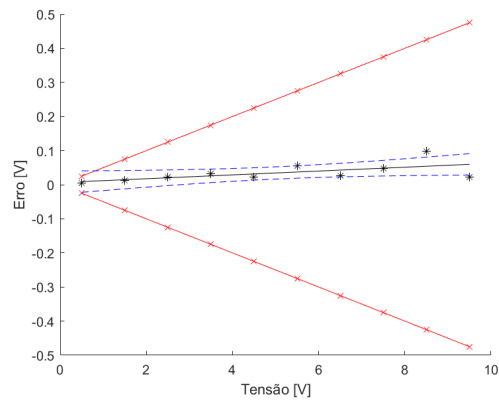


Tabela B.85: Flutuação de Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4960	0.5000	-0.0077	9	2.2622	0.0130	0.0248	Conforme
1.4860	1.5000	-0.0151	9	2.2622	0.0110	0.0743	Conforme
2.4790	2.5000	-0.0224	9	2.2622	0.0093	0.1240	Conforme
3.4760	3.5000	-0.0297	9	2.2622	0.0079	0.1738	Conforme
4.4520	4.5000	-0.0370	9	2.2622	0.0071	0.2226	Conforme
5.4510	5.5000	-0.0443	9	2.2622	0.0071	0.2726	Conforme
6.4420	6.5000	-0.0516	9	2.2622	0.0079	0.3221	Conforme
7.4340	7.5000	-0.0590	9	2.2622	0.0093	0.3717	Conforme
8.4550	8.5000	-0.0665	9	2.2622	0.0111	0.4228	Conforme
9.4220	9.5000	-0.0737	9	2.2622	0.0130	0.4711	Conforme

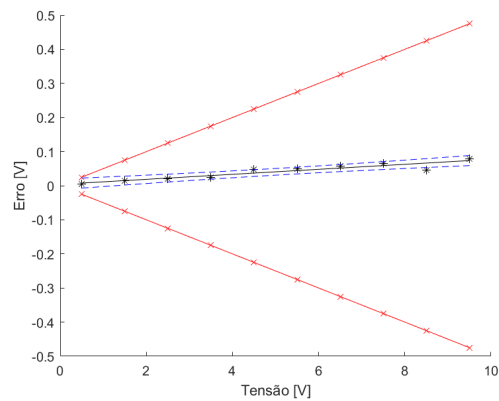


Tabela B.86: Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5020	0.5000	0.0055	8	2.3060	0.0291	0.0251	Não Conforme
1.5070	1.5000	0.0065	8	2.3060	0.0247	0.0754	Conforme
2.5070	2.5000	0.0075	8	2.3060	0.0208	0.1254	Conforme
3.5040	3.5000	0.0085	8	2.3060	0.0177	0.1752	Conforme
4.5210	4.5000	0.0095	8	2.3060	0.0159	0.2261	Conforme
5.5370	5.5000	0.0105	8	2.3060	0.0159	0.2769	Conforme
6.5110	6.5000	0.0115	8	2.3060	0.0177	0.3256	Conforme
7.4690	7.5000	0.0125	8	2.3060	0.0206	0.3735	Conforme
8.5000	8.5000	0.0135	8	2.3060	0.0246	0.4250	Conforme
9.5420	9.5000	0.0145	8	2.3060	0.0292	0.4771	Conforme

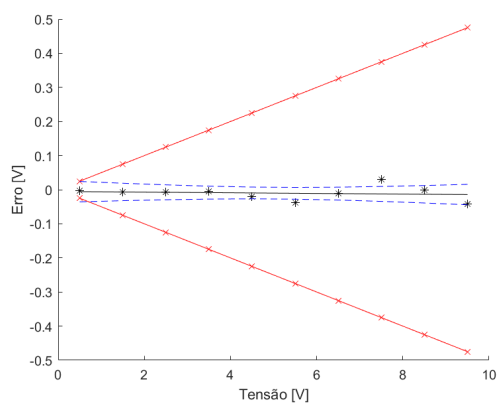


Tabela B.87: Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5010	0.5000	0.0023	8	2.3060	0.0321	0.0251	Não Conforme
1.5020	1.5000	0.0069	8	2.3060	0.0272	0.0751	Conforme
2.5060	2.5000	0.0115	8	2.3060	0.0229	0.1253	Conforme
3.5180	3.5000	0.0161	8	2.3060	0.0195	0.1759	Conforme
4.5090	4.5000	0.0206	8	2.3060	0.0175	0.2255	Conforme
5.5180	5.5000	0.0253	8	2.3060	0.0175	0.2759	Conforme
6.5640	6.5000	0.0301	8	2.3060	0.0196	0.3282	Conforme
7.5610	7.5000	0.0346	8	2.3060	0.0230	0.3781	Conforme
8.5540	8.5000	0.0392	8	2.3060	0.0273	0.4277	Conforme
9.4970	9.5000	0.0435	8	2.3060	0.0318	0.4749	Conforme

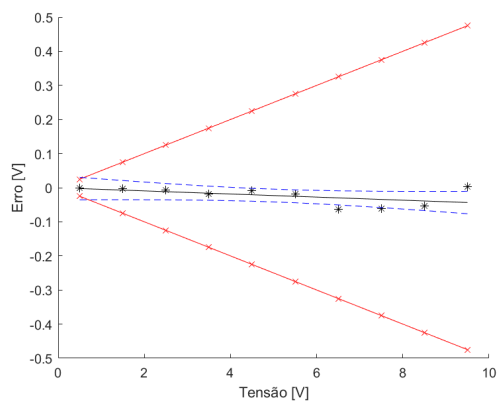
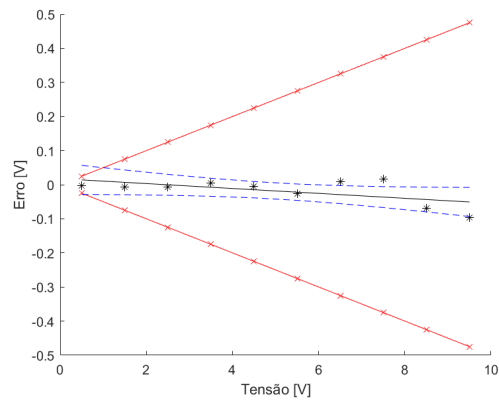


Tabela B.88: Flutuação de Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5020	0.5000	-0.0122	8	2.3060	0.0389	0.0251	Não Conforme
1.5060	1.5000	-0.0061	8	2.3060	0.0330	0.0753	Conforme
2.5070	2.5000	0.0001	8	2.3060	0.0278	0.1254	Conforme
3.4960	3.5000	0.0062	8	2.3060	0.0237	0.1748	Conforme
4.5050	4.5000	0.0124	8	2.3060	0.0213	0.2253	Conforme
5.5260	5.5000	0.0187	8	2.3060	0.0213	0.2763	Conforme
6.4910	6.5000	0.0247	8	2.3060	0.0235	0.3246	Conforme
7.4840	7.5000	0.0308	8	2.3060	0.0275	0.3742	Conforme
8.5690	8.5000	0.0375	8	2.3060	0.0332	0.4285	Conforme
9.5970	9.5000	0.0438	8	2.3060	0.0392	0.4799	Conforme



B.3.5 Desequilíbrio de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 12 ciclos, conforme o item 4.4?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Componentes Simétricas Sequência Negativa	5.03	5.03	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.89: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.000	0.0015	9	2.2622	0.0088	0.1500	Conforme
5.0500	5.052	0.0005	19	2.0930	0.0073	0.1500	Conforme
4.9500	4.949	0.0005	20	2.0860	0.0073	0.1500	Conforme
2.4700	2.466	0.0010	41	2.0195	0.0066	0.1500	Conforme

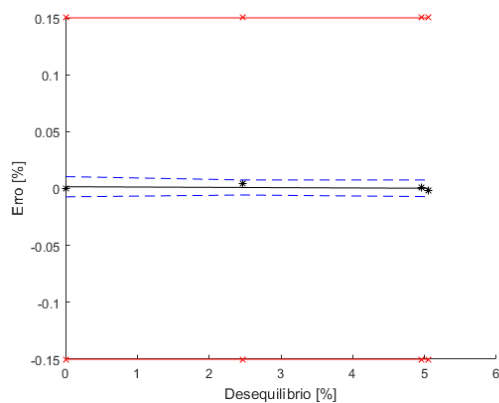


Tabela B.90: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0100	0.00	0.0106	2	4.3027	0.0333	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0020	4	2.7764	0.0145	0.1500	Conforme
4.9400	4.95	-0.0017	4	2.7764	0.0142	0.1500	Conforme
4.5300	4.52	-0.0007	4	2.7764	0.0135	0.1500	Conforme

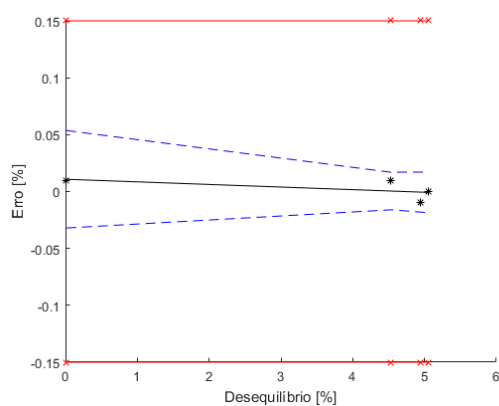


Tabela B.91: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0200	0.00	0.0141	2	4.3027	0.0399	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0033	2	4.3027	0.0313	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	-0.0029	2	4.3027	0.0307	0.1500	Conforme
2.4600	2.47	0.0057	3	3.1824	0.0187	0.1500	Conforme

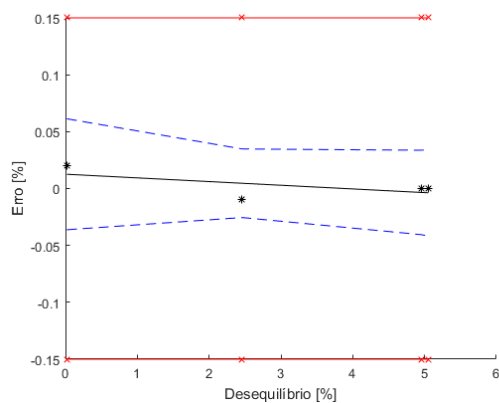


Tabela B.92: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0200	0.00	0.0204	6	2.4469	0.0107	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	0.0012	19	2.0930	0.0073	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	0.0015	20	2.0860	0.0073	0.1500	Conforme
4.5300	4.52	0.0031	26	2.0555	0.0070	0.1500	Conforme

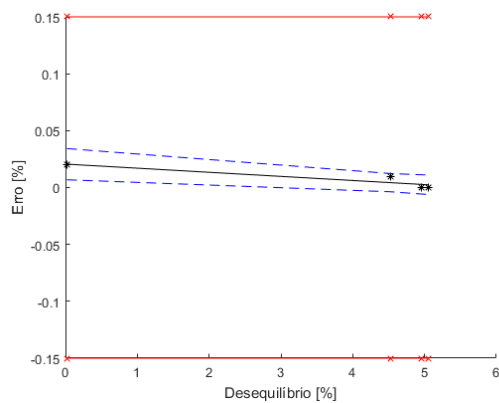


Tabela B.93: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0600	0.00	0.0502	2	4.3027	0.0633	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0055	2	4.3027	0.0488	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	-0.0044	2	4.3027	0.0477	0.1500	Conforme
2.4700	2.47	0.0233	2	4.3027	0.0383	0.1500	Conforme

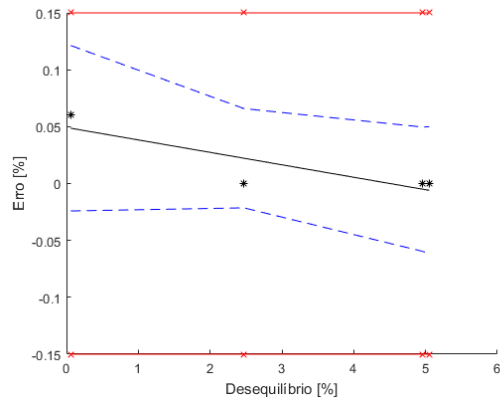
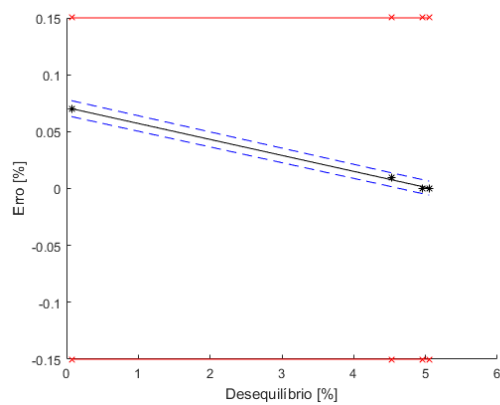


Tabela B.94: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0700	0.00	0.0700	316	1.9675	0.0059	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0009	2127	1.9611	0.0057	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	0.0005	2316	1.9610	0.0057	0.1500	Conforme
4.5300	4.52	0.0065	3197	1.9607	0.0057	0.1500	Conforme



B.3.6 Tensões Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a distorção harmônica total (DHT) a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.95: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0047	29	2.0452	0.0082	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0035	45	2.0141	0.0075	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0023	57	2.0025	0.0072	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0011	47	2.0117	0.0074	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0005	39	2.0227	0.0077	0.5000	Conforme
13.0000	13.00	0.0013	21	2.0796	0.0092	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0025	15	2.1314	0.0107	0.7500	Conforme

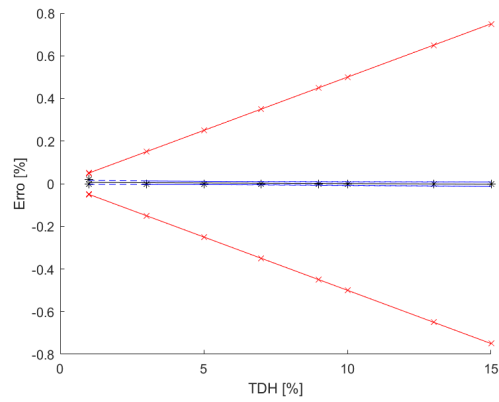


Tabela B.96: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0047	29	2.0452	0.0082	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0035	45	2.0141	0.0075	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0023	57	2.0025	0.0072	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0011	47	2.0117	0.0074	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0005	39	2.0227	0.0077	0.5000	Conforme
13.0000	13.00	0.0013	21	2.0796	0.0092	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0025	15	2.1314	0.0107	0.7500	Conforme

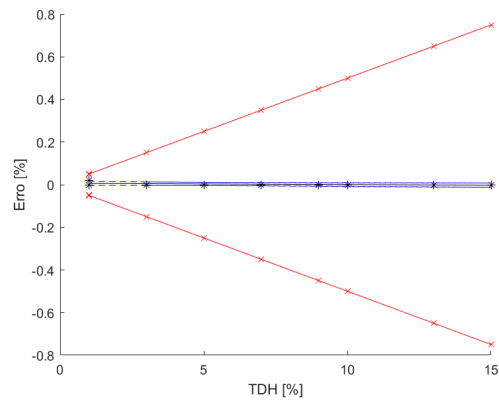


Tabela B.97: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0047	29	2.0452	0.0082	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0035	45	2.0141	0.0075	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0023	57	2.0025	0.0072	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0011	47	2.0117	0.0074	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0005	39	2.0227	0.0077	0.5000	Conforme
13.0000	13.00	0.0013	21	2.0796	0.0092	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0025	15	2.1314	0.0107	0.7500	Conforme

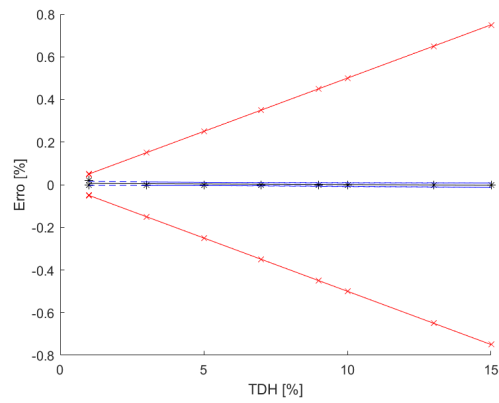


Tabela B.98: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.0000	1.00	-0.0027	8	2.3060	0.0201	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0027	8	2.3060	0.0201	0.0500	Conforme
3.0100	3.00	-0.0044	9	2.2622	0.0164	0.1505	Conforme
4.9600	5.00	-0.0060	11	2.2010	0.0138	0.2480	Conforme
6.9900	7.00	-0.0077	12	2.1788	0.0127	0.3495	Conforme
9.0000	9.00	-0.0094	11	2.2010	0.0136	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0102	10	2.2281	0.0147	0.5000	Conforme
12.9900	13.00	-0.0127	8	2.3060	0.0197	0.6495	Conforme
14.9800	15.00	-0.0143	8	2.3060	0.0235	0.7490	Conforme

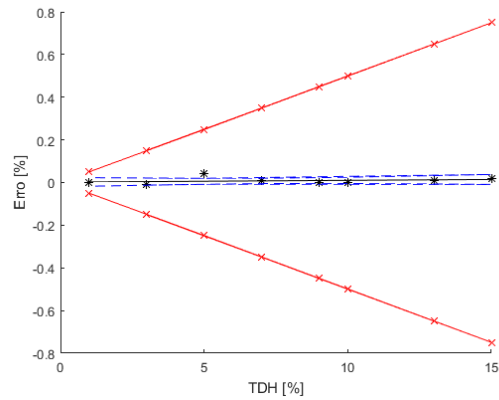


Tabela B.99: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.0000	1.00	0.0027	15	2.1314	0.0108	0.0500	Conforme
1.0100	1.00	0.0027	15	2.1314	0.0107	0.0505	Conforme
3.0000	3.00	0.0015	21	2.0796	0.0092	0.1500	Conforme
4.9900	5.00	0.0002	30	2.0423	0.0082	0.2495	Conforme
7.0000	7.00	-0.0010	36	2.0281	0.0078	0.3500	Conforme
9.0100	9.00	-0.0023	31	2.0395	0.0081	0.4505	Conforme
9.9900	10.00	-0.0029	26	2.0555	0.0085	0.4995	Conforme
13.0000	13.00	-0.0048	15	2.1314	0.0106	0.6500	Conforme
14.9900	15.00	-0.0061	12	2.1788	0.0124	0.7495	Conforme

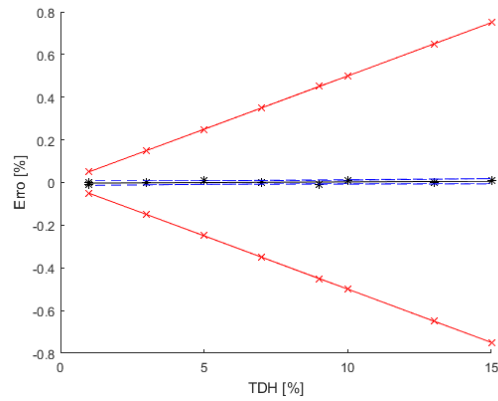


Tabela B.100: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.0000	1.00	0.0024	12	2.1788	0.0128	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	0.0024	12	2.1788	0.0128	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	0.0013	15	2.1314	0.0108	0.1500	Conforme
5.0100	5.00	0.0001	20	2.0860	0.0094	0.2505	Conforme
7.0000	7.00	-0.0010	23	2.0687	0.0088	0.3500	Conforme
9.0100	9.00	-0.0022	20	2.0860	0.0093	0.4505	Conforme
9.9800	10.00	-0.0028	18	2.1009	0.0098	0.4990	Conforme
12.9900	13.00	-0.0045	12	2.1788	0.0125	0.6495	Conforme
15.0000	15.00	-0.0057	10	2.2281	0.0150	0.7500	Conforme

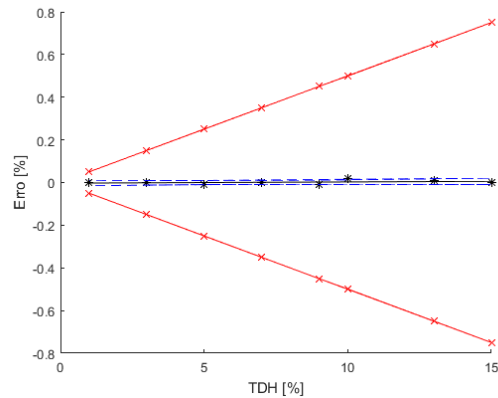


Tabela B.101: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9900	1.00	-0.0031	26	2.0555	0.0085	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0031	26	2.0555	0.0085	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0035	41	2.0195	0.0076	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0040	65	1.9971	0.0070	0.2500	Conforme
6.9900	7.00	-0.0044	84	1.9886	0.0068	0.3495	Conforme
9.0000	9.00	-0.0049	68	1.9955	0.0070	0.4500	Conforme
9.9900	10.00	-0.0051	55	2.0040	0.0072	0.4995	Conforme
13.0000	13.00	-0.0057	27	2.0518	0.0084	0.6500	Conforme
14.9900	15.00	-0.0062	19	2.0930	0.0096	0.7495	Conforme

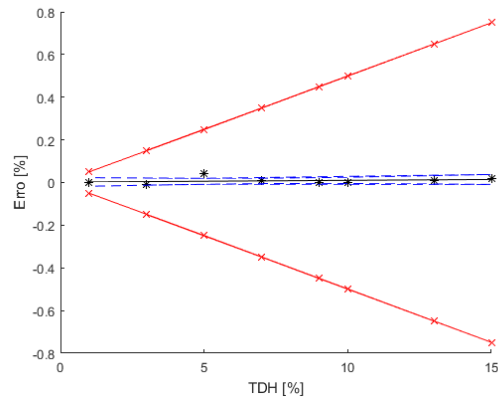


Tabela B.102: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0022	11	2.2010	0.0131	0.0500	Conforme
1.0100	1.00	-0.0022	11	2.2010	0.0131	0.0505	Conforme
3.0000	3.00	-0.0008	15	2.1314	0.0109	0.1500	Conforme
5.0100	5.00	0.0007	19	2.0930	0.0095	0.2505	Conforme
7.0000	7.00	0.0021	22	2.0739	0.0090	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	0.0036	20	2.0860	0.0094	0.4500	Conforme
10.0100	10.00	0.0043	17	2.1098	0.0100	0.5005	Conforme
13.0000	13.00	0.0065	12	2.1788	0.0128	0.6500	Conforme
15.0100	15.00	0.0079	10	2.2281	0.0152	0.7505	Conforme

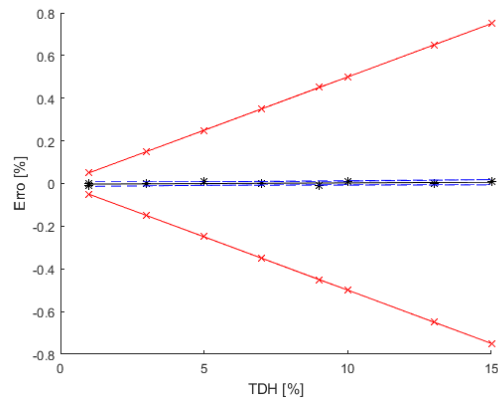
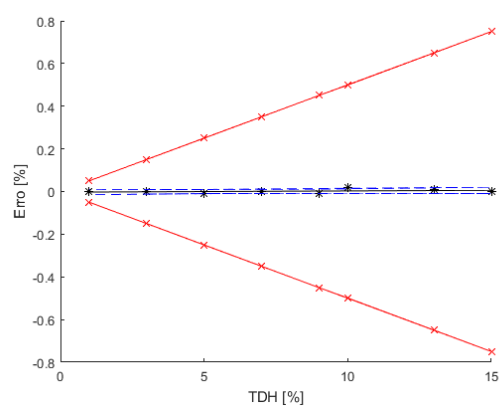


Tabela B.103: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9900	1.00	0.0189	7	2.3646	0.1345	0.0500	Conforme
1.0100	1.00	0.0187	7	2.3646	0.1343	0.0505	Conforme
3.0000	3.00	0.0013	7	2.3646	0.1091	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0162	7	2.3646	0.0903	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0338	7	2.3646	0.0827	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0513	7	2.3646	0.0893	0.4500	Conforme
10.0100	10.00	-0.0601	7	2.3646	0.0972	0.5005	Conforme
12.6800	13.00	-0.0835	7	2.3646	0.1280	0.6340	Conforme
15.0000	15.00	-0.1039	7	2.3646	0.1610	0.7500	Conforme



B.3.7 Tensões Inter-Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações de inter-harmônicas a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.104: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
5.0000	5.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.2500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0035	4	2.7764	0.0173	0.5000	Conforme
4.9900	5.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.2495	Conforme
4.9900	5.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.2495	Conforme
1.0000	1.00	-0.0044	5	2.5706	0.0149	0.0500	Conforme

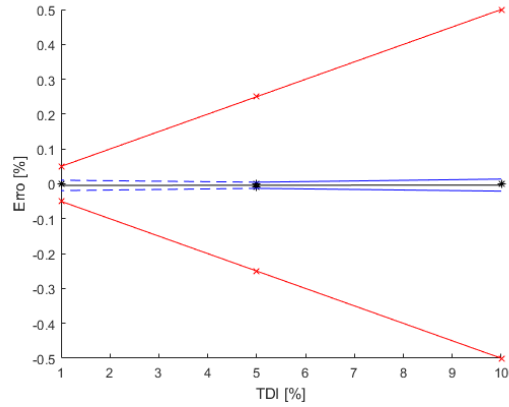


Tabela B.105: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
5.0000	5.00	-0.0020	19	2.0930	0.0077	0.2500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0018	5	2.5706	0.0138	0.5000	Conforme
5.0000	5.00	-0.0020	19	2.0930	0.0077	0.2500	Conforme
4.9900	5.00	-0.0020	19	2.0930	0.0077	0.2495	Conforme
1.0000	1.00	-0.0022	6	2.4469	0.0123	0.0500	Conforme

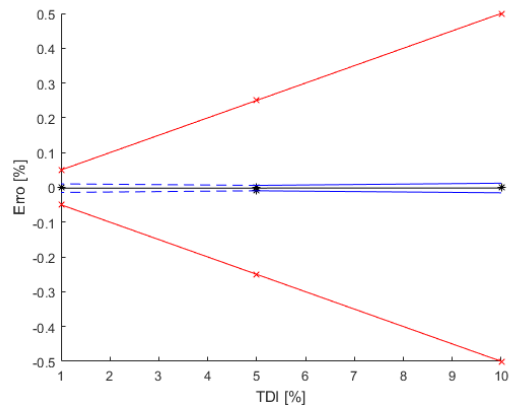


Tabela B.106: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
5.0000	5.00	-0.0060	5	2.5706	0.0140	0.2500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0053	3	3.1824	0.0302	0.5000	Conforme
4.9900	5.00	-0.0060	5	2.5706	0.0140	0.2495	Conforme
4.9800	5.00	-0.0060	5	2.5706	0.0140	0.2490	Conforme
1.0000	1.00	-0.0066	3	3.1824	0.0276	0.0500	Conforme

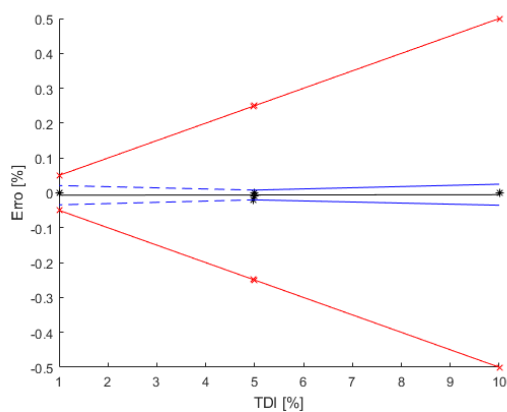


Tabela B.107: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.2500	6.25	-0.0042	22	2.0739	0.0075	0.3125	Conforme
12.5000	12.50	0.0012	6	2.4469	0.0127	0.6250	Conforme
6.2500	6.25	-0.0042	22	2.0739	0.0075	0.3125	Conforme
6.2400	6.25	-0.0042	22	2.0739	0.0075	0.3120	Conforme
1.2400	1.25	-0.0085	7	2.3646	0.0115	0.0620	Conforme

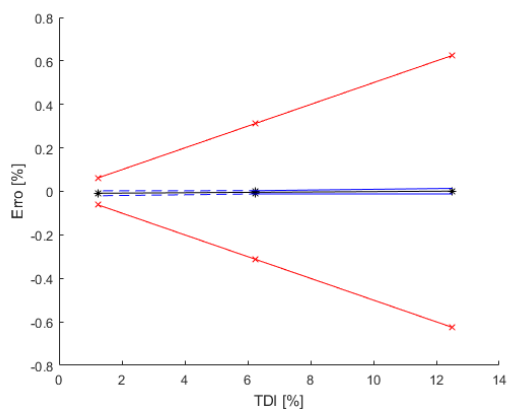


Tabela B.108: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.8500	6.85	-0.0120	4	2.7764	0.0175	0.3425	Conforme
13.6900	13.69	-0.0008	3	3.1824	0.0360	0.6845	Conforme
6.8400	6.85	-0.0120	4	2.7764	0.0175	0.3420	Conforme
6.8200	6.85	-0.0120	4	2.7764	0.0175	0.3410	Conforme
1.3500	1.37	-0.0209	3	3.1824	0.0329	0.0675	Conforme

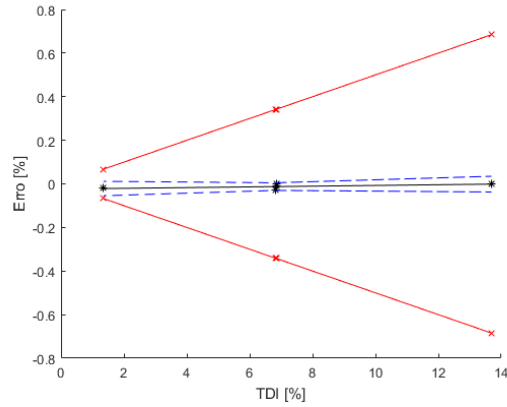


Tabela B.109: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.4100	6.41	-0.0069	6	2.4469	0.0125	0.3205	Conforme
12.8200	12.82	-0.0005	3	3.1824	0.0278	0.6410	Conforme
6.4100	6.41	-0.0069	6	2.4469	0.0125	0.3205	Conforme
6.3900	6.41	-0.0069	6	2.4469	0.0125	0.3195	Conforme
1.2700	1.28	-0.0120	3	3.1824	0.0255	0.0635	Conforme

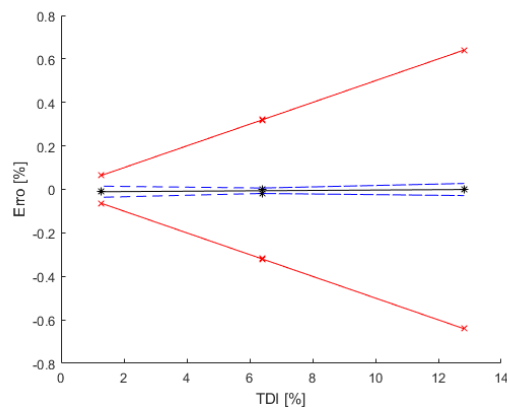


Tabela B.110: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.2500	6.25	0.0008	4	2.7764	0.0206	0.3125	Conforme
12.4900	12.50	-0.0200	3	3.1824	0.0434	0.6245	Conforme
6.2500	6.25	0.0008	4	2.7764	0.0206	0.3125	Conforme
6.2300	6.25	0.0009	4	2.7764	0.0206	0.3115	Conforme
1.2800	1.25	0.0174	3	3.1824	0.0396	0.0640	Conforme

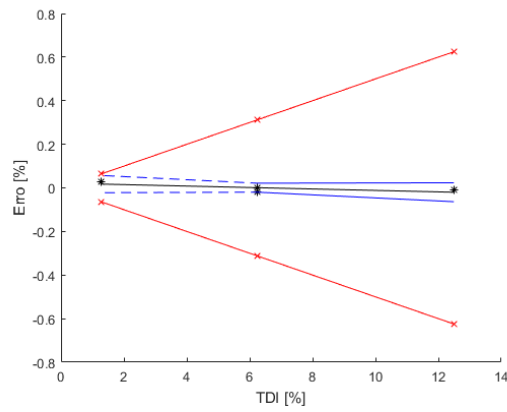


Tabela B.111: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.8600	6.85	-0.0011	4	2.7764	0.0177	0.3430	Conforme
13.6800	13.69	-0.0120	3	3.1824	0.0366	0.6840	Conforme
6.8500	6.85	-0.0011	4	2.7764	0.0178	0.3425	Conforme
6.8300	6.85	-0.0011	4	2.7764	0.0178	0.3415	Conforme
1.3800	1.37	0.0076	3	3.1824	0.0335	0.0690	Conforme

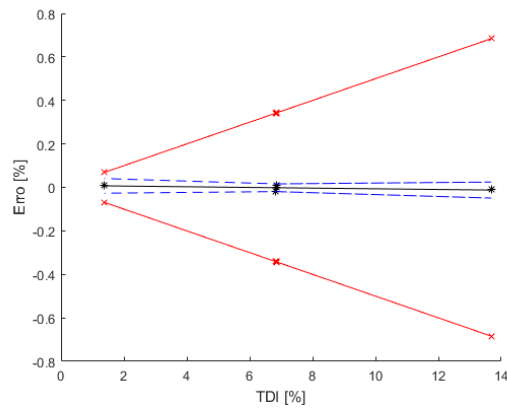
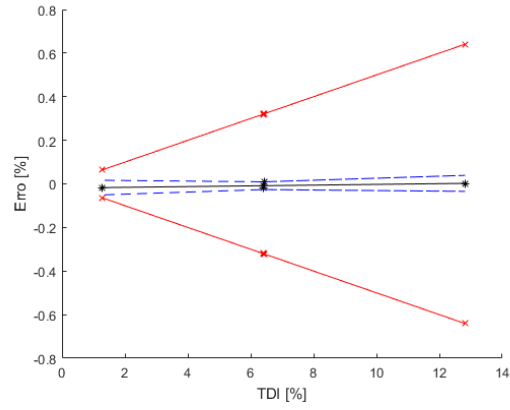


Tabela B.112: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.4200	6.41	-0.0091	4	2.7764	0.0180	0.3210	Conforme
12.8200	12.82	0.0025	3	3.1824	0.0371	0.6410	Conforme
6.4000	6.41	-0.0091	4	2.7764	0.0180	0.3200	Conforme
6.3900	6.41	-0.0091	4	2.7764	0.0180	0.3195	Conforme
1.2600	1.28	-0.0184	3	3.1824	0.0340	0.0630	Conforme



B.3.8 VTCD

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA ao registrar um afundamento indica a amplitude e a duração da mesmo?	Conforme	Sem Observações
O IMA ao registrar uma elevação indica a amplitude e a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA ao registrar uma interrupção indica a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.113: Amplitude do Afundamento - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.0100	18.0000	0.0083	34	2.0322	0.0077	0.24	Conforme
30.0100	30.0000	0.0085	57	2.0025	0.0070	0.24	Conforme
42.0100	42.0000	0.0086	106	1.9826	0.0066	0.24	Conforme
54.0000	54.0000	0.0087	174	1.9737	0.0063	0.24	Conforme
66.0100	66.0000	0.0088	174	1.9737	0.0063	0.24	Conforme
78.0100	78.0000	0.0089	106	1.9826	0.0066	0.24	Conforme
90.0100	90.0000	0.0090	57	2.0025	0.0070	0.24	Conforme
102.0100	102.0000	0.0092	34	2.0322	0.0077	0.24	Conforme

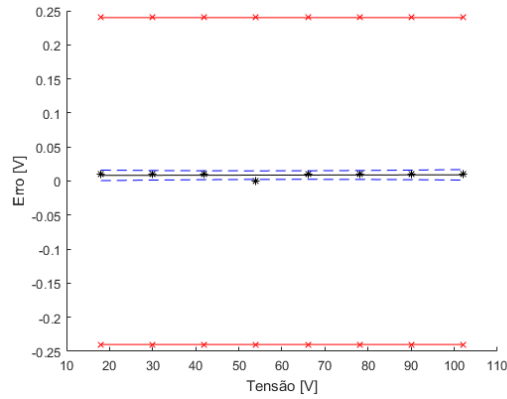


Tabela B.114: Amplitude do Afundamento - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.0100	18.0000	0.0067	16	2.1199	0.0098	0.24	Conforme
30.0100	30.0000	0.0065	23	2.0687	0.0085	0.24	Conforme
42.0000	42.0000	0.0064	37	2.0262	0.0076	0.24	Conforme
54.0000	54.0000	0.0063	55	2.0040	0.0071	0.24	Conforme
66.0100	66.0000	0.0062	55	2.0040	0.0071	0.24	Conforme
78.0100	78.0000	0.0061	37	2.0262	0.0076	0.24	Conforme
90.0000	90.0000	0.0060	23	2.0687	0.0085	0.24	Conforme
102.0100	102.0000	0.0058	16	2.1199	0.0098	0.24	Conforme

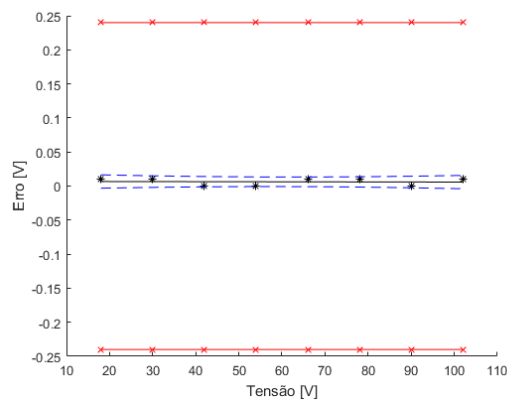


Tabela B.115: Amplitude do Afundamento - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.0000	18.0000	-0.0008	24	2.0639	0.0083	0.24	Conforme
30.0000	30.0000	0.0005	39	2.0227	0.0075	0.24	Conforme
42.0000	42.0000	0.0018	70	1.9944	0.0068	0.24	Conforme
54.0000	54.0000	0.0031	111	1.9816	0.0065	0.24	Conforme
66.0100	66.0000	0.0044	111	1.9816	0.0065	0.24	Conforme
78.0100	78.0000	0.0057	70	1.9944	0.0068	0.24	Conforme
90.0000	90.0000	0.0070	40	2.0211	0.0075	0.24	Conforme
102.0100	102.0000	0.0083	24	2.0639	0.0083	0.24	Conforme

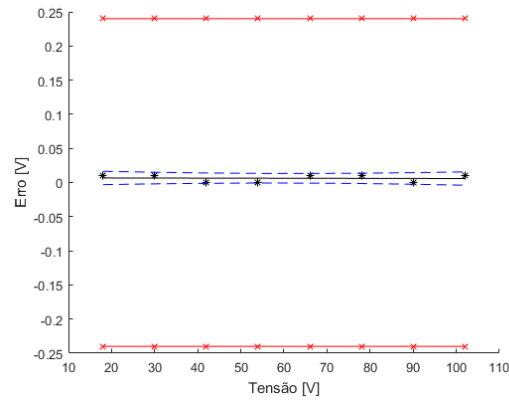


Tabela B.116: Amplitude da Elevação - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.0200	132.0000	-0.0008	82	1.9893	0.0069	0.24	Conforme
136.8200	136.8000	0.0005	132	1.9781	0.0066	0.24	Conforme
141.6200	141.6000	0.0018	228	1.9704	0.0063	0.24	Conforme
146.4300	146.4000	0.0031	392	1.9660	0.0061	0.24	Conforme
151.2300	151.2000	0.0044	567	1.9642	0.0060	0.24	Conforme
156.0300	156.0000	0.0057	567	1.9642	0.0060	0.24	Conforme
160.8300	160.8000	0.0070	392	1.9660	0.0061	0.24	Conforme
165.6300	165.6000	0.0083	229	1.9704	0.0063	0.24	Conforme

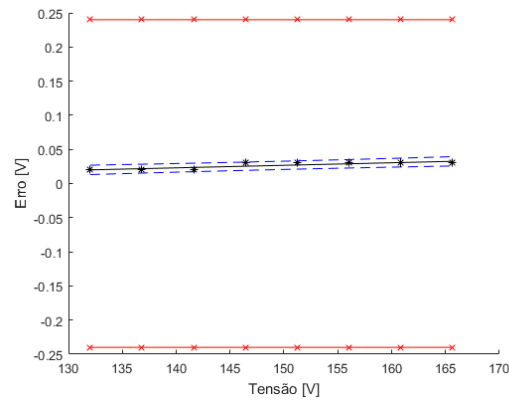


Tabela B.117: Amplitude da Elevação - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.0200	132.0000	0.0017	124	1.9793	0.0066	0.24	Conforme
136.8200	136.8000	0.0014	208	1.9714	0.0063	0.24	Conforme
141.6200	141.6000	0.0012	369	1.9664	0.0061	0.24	Conforme
146.4200	146.4000	0.0010	648	1.9636	0.0060	0.24	Conforme
151.2300	151.2000	0.0009	949	1.9625	0.0059	0.24	Conforme
156.0300	156.0000	0.0009	948	1.9625	0.0059	0.24	Conforme
160.8300	160.8000	0.0010	648	1.9636	0.0060	0.24	Conforme
165.6300	165.6000	0.0012	369	1.9664	0.0061	0.24	Conforme

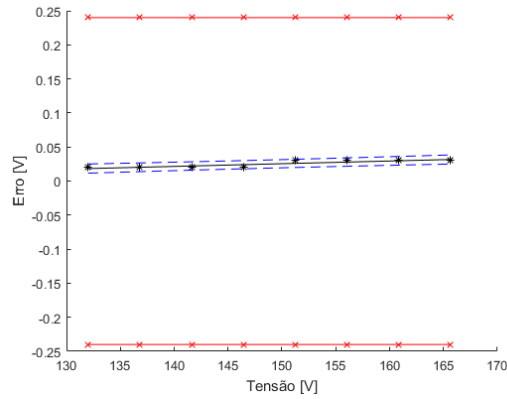


Tabela B.118: Amplitude da Elevação - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.0200	132.0000	0.0213	99	1.9842	0.0068	0.24	Conforme
136.8200	136.8000	0.0225	163	1.9746	0.0065	0.24	Conforme
141.6200	141.6000	0.0238	284	1.9684	0.0062	0.24	Conforme
146.4300	146.4000	0.0251	494	1.9648	0.0061	0.24	Conforme
151.2300	151.2000	0.0264	718	1.9633	0.0060	0.24	Conforme
156.0300	156.0000	0.0276	718	1.9633	0.0060	0.24	Conforme
160.8300	160.8000	0.0289	494	1.9648	0.0061	0.24	Conforme
165.6300	165.6000	0.0302	285	1.9683	0.0062	0.24	Conforme

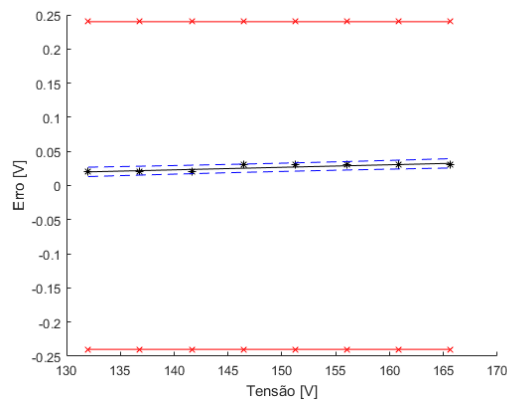


Tabela B.119: Duração do Afundamento - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[s]	[s]	[s]			[s]	[s]	
0.02500	0.0167	0.0029	3416	1.9607	0.0140	0.02	Conforme
0.03500	0.0250	0.0029	3481	1.9606	0.0140	0.02	Conforme
0.05000	0.0417	0.0029	3580	1.9606	0.0140	0.02	Conforme
0.17400	0.1667	0.0029	4428	1.9605	0.0140	0.02	Conforme
0.50700	0.5000	0.0029	6059	1.9604	0.0139	0.02	Conforme
2.50800	2.5000	0.0031	226	1.9705	0.0138	0.02	Conforme

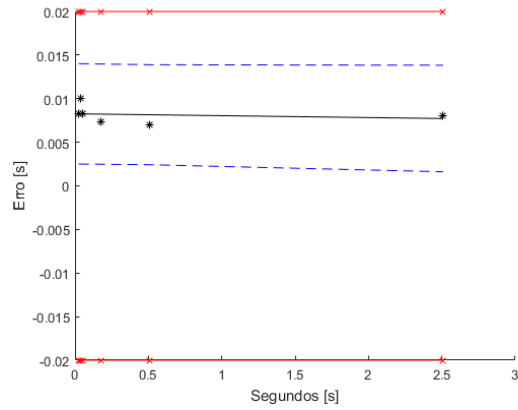


Tabela B.120: Duração da Elevação - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[s]	[s]	[s]			[s]	[s]	
0.0250	0.0167	0.0083	49750	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.0330	0.0250	0.0083	50527	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.0500	0.0417	0.0083	52196	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.1760	0.1667	0.0084	65089	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.5080	0.5000	0.0086	89410	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
2.5100	2.5000	0.0099	2820	1.9608	0.0058	0.02	Conforme

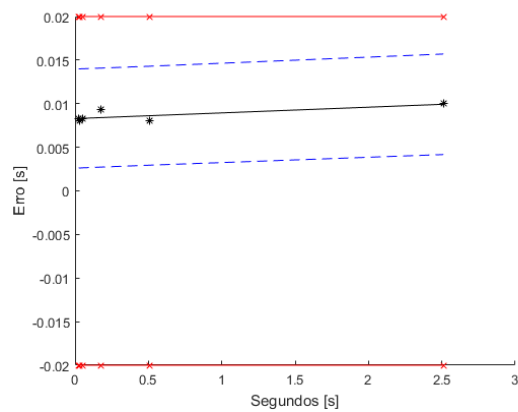


Tabela B.121: Duração da Interrupção

v_i	v_{pi}	Laudo
[s]	[s]	
-	0.0167	Não Conforme
-	0.0250	Não Conforme
-	0.0417	Não Conforme
0.2500	0.1667	Não Conforme
0.5000	0.5000	Não Conforme
2.5000	2.5000	Não Conforme

O IMA não detectou as três primeiras interrupções com durações de 0.0167 s, 0.0250 s e 0.0417 s. Não foi possível utilizar o ISO-GUM para a aferição da incerteza. Portanto, o laudo nesse parâmetro é "Não Conforme".

B.4 Instrumento 3

B.4.1 Laudo Geral

A Tabela B.113 apresenta o laudo final do instrumento identificado, com base na metodologia anteriormente descrita. O detalhamento dos resultados nos Testes de Desempenho Funcional dos Instrumentos de Medição da Qualidade da Energia Elétrica é exibido nas paginas posteriores.

Tabela B.122: Laudo do Instrumento 3

Grandezas	Laudo
	Instrumento 1
Frequência Elétrica	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme
Flutuação de Tensão	Não Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Não Conforme
Tensões Harmônicas	Conforme
Tensões Inter-Harmônicas	Não Conforme
Amplitude do Afundamento	Não Conforme
Amplitude da Elevação	Não Conforme
Duração do Afundamento	Não Conforme
Duração da Elevação	Não Conforme
Duração da interrupção	Não Conforme

B.4.2 Frequência

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações de frequência a cada 10 s do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Atenuação de harmônicas	60,00	60,00	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.123: Frequência Condição 1

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

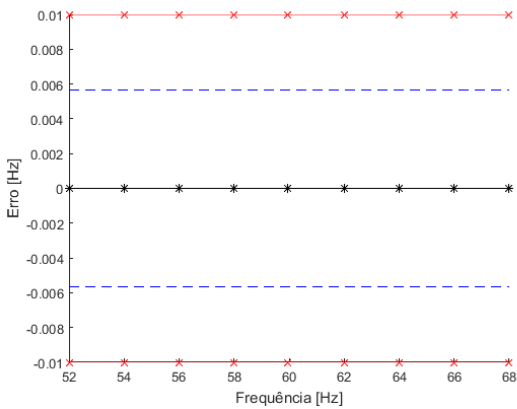


Tabela B.124: Frequência Condição 2

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

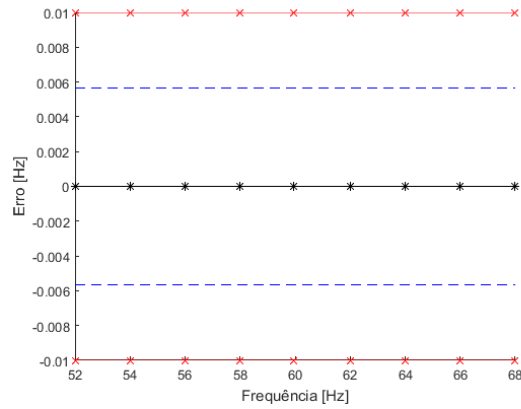


Tabela B.125: Frequência Condição 3

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

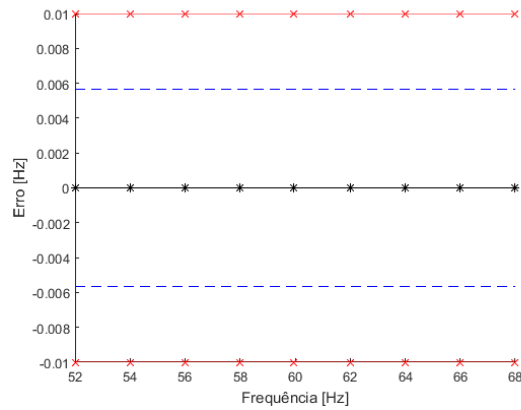
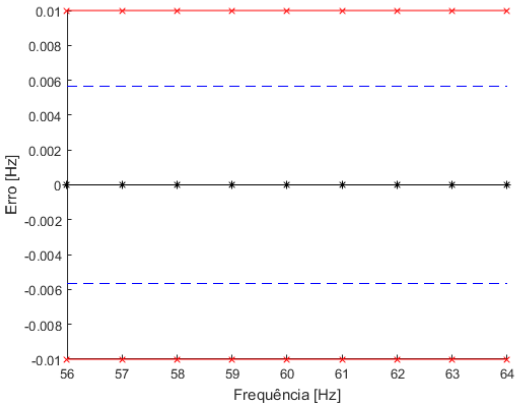


Tabela B.126: Frequência Variável

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
57.00	57.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
59.00	59.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
61.00	61.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
63.00	63.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme



B.4.3 Magnitude da Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 12 ciclos, conforme o item 4.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 1	169.5	169.73	Conforme	Sem Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 2	119.9	120.17	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.127: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3600	25.40	-0.0030	8	2.3060	0.0405	0.6350	Conforme
57.0700	57.15	-0.0458	8	2.3060	0.0289	0.6350	Conforme
88.7800	88.90	-0.0885	8	2.3060	0.0322	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1313	8	2.3060	0.0473	0.6350	Conforme
152.3000	152.40	-0.1742	8	2.3060	0.0667	0.6350	Conforme

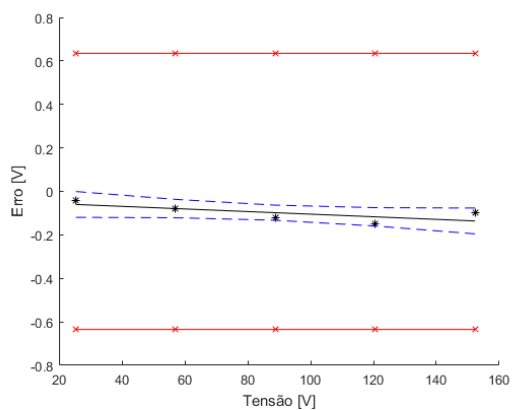


Tabela B.128: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3600	25.40	-0.0340	3	3.1824	0.0380	0.6350	Conforme
57.0700	57.15	-0.0730	3	3.1824	0.0277	0.6350	Conforme
88.8100	88.90	-0.1120	4	2.7764	0.0202	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1510	3	3.1824	0.0277	0.6350	Conforme
152.2000	152.40	-0.1900	3	3.1824	0.0380	0.6350	Conforme

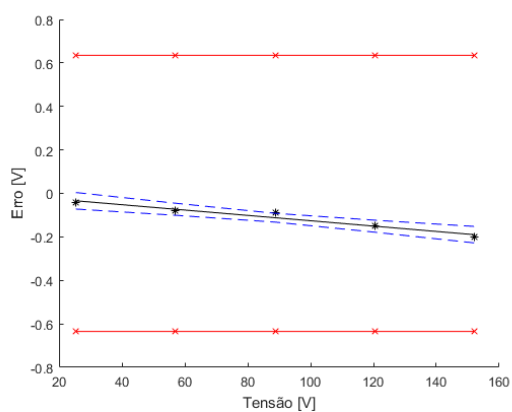


Tabela B.129: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3600	25.40	-0.0440	3	3.1824	0.0322	0.6350	Conforme
57.0700	57.15	-0.0830	4	2.7764	0.0207	0.6350	Conforme
88.7600	88.90	-0.1220	4	2.7764	0.0175	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1610	4	2.7764	0.0207	0.6350	Conforme
152.2000	152.40	-0.2000	3	3.1824	0.0322	0.6350	Conforme

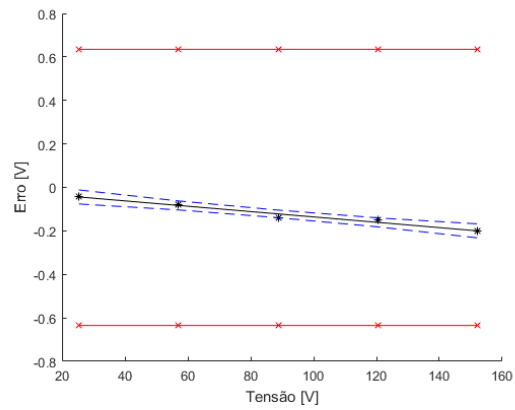


Tabela B.130: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.1800	25.22	-0.0311	3	3.1824	0.0542	0.6350	Conforme
57.4100	57.47	-0.0536	3	3.1824	0.0388	0.6350	Conforme
89.5900	89.63	-0.0760	3	3.1824	0.0321	0.6350	Conforme
121.7800	121.89	-0.0984	3	3.1824	0.0390	0.6350	Conforme
153.0300	153.16	-0.1202	3	3.1824	0.0539	0.6350	Conforme

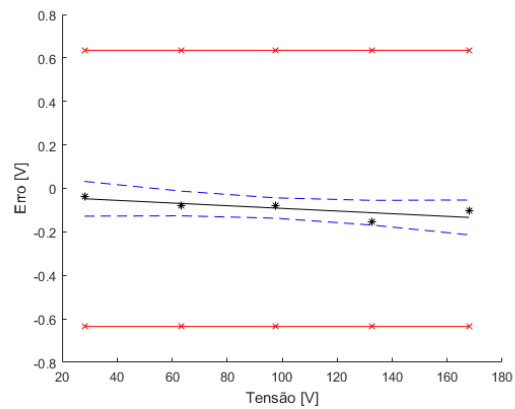


Tabela B.131: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
28.1600	28.20	-0.0477	3	3.1824	0.0799	0.6350	Conforme
63.3500	63.43	-0.0693	3	3.1824	0.0567	0.6350	Conforme
97.5000	97.58	-0.0903	3	3.1824	0.0468	0.6350	Conforme
132.6600	132.82	-0.1119	3	3.1824	0.0568	0.6350	Conforme
167.9500	168.05	-0.1335	3	3.1824	0.0801	0.6350	Conforme

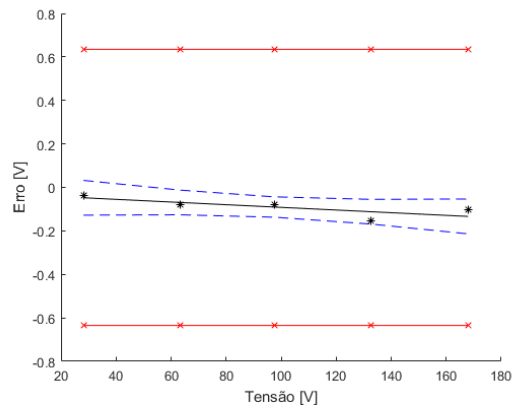


Tabela B.132: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
30.2800	30.28	0.0162	3	3.1824	0.1208	0.6350	Conforme
68.4600	68.49	-0.0377	3	3.1824	0.0770	0.6350	Conforme
106.7200	106.80	-0.0917	3	3.1824	0.0679	0.6350	Conforme
144.8200	145.02	-0.1455	3	3.1824	0.1031	0.6350	Conforme
121.9500	122.01	-0.1132	3	3.1824	0.0783	0.6350	Conforme

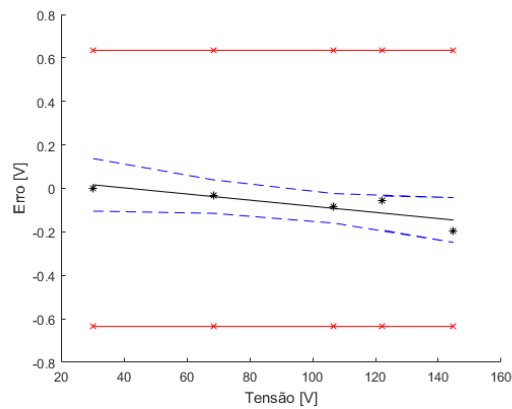


Tabela B.133: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3700	25.38	-0.0263	3	3.1824	0.1054	0.6350	Conforme
57.7900	57.82	-0.0410	3	3.1824	0.0747	0.6350	Conforme
90.2500	90.34	-0.0557	3	3.1824	0.0612	0.6350	Conforme
122.6800	122.79	-0.0704	3	3.1824	0.0750	0.6350	Conforme
154.2100	154.25	-0.0846	3	3.1824	0.1048	0.6350	Conforme

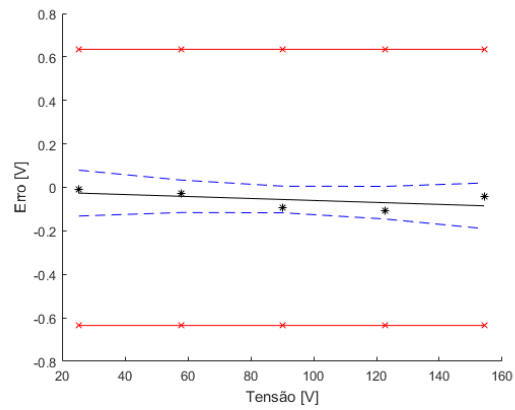


Tabela B.134: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
23.2900	23.30	-0.0543	3	3.1824	0.1618	0.6350	Conforme
53.7200	53.78	-0.0279	3	3.1824	0.1136	0.6350	Conforme
83.1400	83.22	-0.0024	3	3.1824	0.0933	0.6350	Conforme
112.6700	112.58	0.0232	3	3.1824	0.1142	0.6350	Conforme
142.0600	142.02	0.0486	3	3.1824	0.1607	0.6350	Conforme

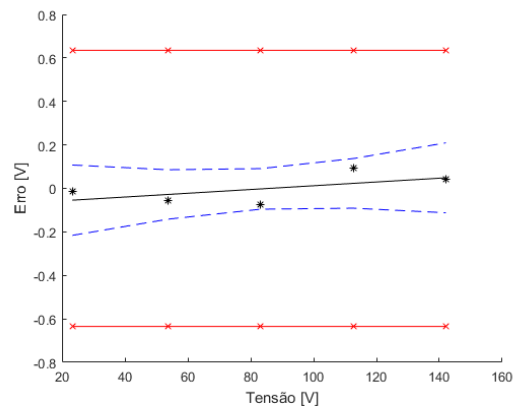


Tabela B.135: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
21.4000	21.31	0.0353	3	3.1824	0.1367	0.6350	Conforme
48.6100	48.63	0.0204	3	3.1824	0.0968	0.6350	Conforme
75.9400	75.99	0.0055	3	3.1824	0.0792	0.6350	Conforme
103.3000	103.31	-0.0095	3	3.1824	0.0972	0.6350	Conforme
129.7900	129.78	-0.0240	3	3.1824	0.1360	0.6350	Conforme

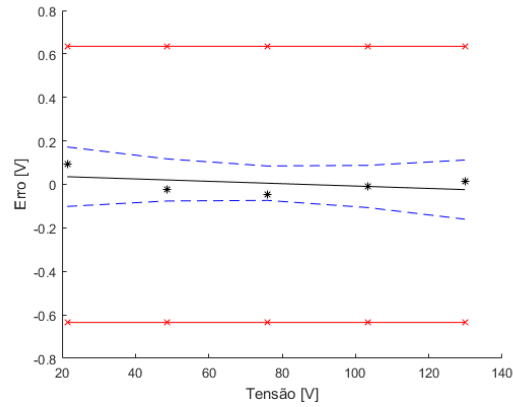
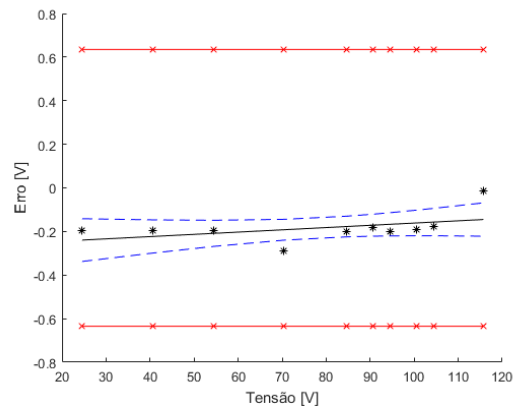


Tabela B.136: Magnitude da Tensão Variável - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.5800	24.78	-0.2396	2	2.3060	0.0981	0.6350	Conforme
40.5500	40.75	-0.2230	2	2.3060	0.0762	0.6350	Conforme
54.5400	54.74	-0.2085	2	2.3060	0.0598	0.6350	Conforme
70.4400	70.73	-0.1921	2	2.3060	0.0478	0.6350	Conforme
84.5200	84.72	-0.1775	2	2.3060	0.0473	0.6350	Conforme
90.5400	90.72	-0.1713	2	2.3060	0.0504	0.6350	Conforme
94.5200	94.72	-0.1671	2	2.3060	0.0533	0.6350	Conforme
100.5300	100.72	-0.1609	2	2.3060	0.0588	0.6350	Conforme
104.5400	104.72	-0.1568	2	2.3060	0.0630	0.6350	Conforme
115.7000	115.72	-0.1452	2	2.3060	0.0764	0.6350	Conforme



B.4.4 Flutuação de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações da flutuação - <i>Output 5</i> , conforme a norma IEC 61000-4-15?	Não Conforme	NR
O IMA fornece indicações do Pst a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Não Conforme	NR
O IMA fornece indicações do Plt a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Não Conforme	NR

B.4.5 Desequilíbrio de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa e zero cada 12 ciclos, conforme o item 4.4?	Não Conforme	Não mede Seq 0
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa e zero cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2?	Não Conforme	Não mede Seq 0
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa e zero cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Não Conforme	Não mede Seq 0
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa e zero a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Não Conforme	Não mede Seq 0

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Componentes Simétricas Sequência Negativa	4.99	5.03	Conforme	Sem Observações

B.4.6 Tensões Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a distorção harmônica total (DHT) a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela B.137: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[Hz]			[V]	[V]	
2.0240	2.00	0.0244	7	2.3646	0.0802	0.3000	Conforme
4.0240	4.00	0.0504	7	2.3646	0.0608	0.4024	Conforme
5.0150	5.00	0.0633	7	2.3646	0.0588	0.5015	Conforme
10.2460	10.00	0.1314	7	2.3646	0.1201	1.0246	Conforme
7.0590	7.00	0.0899	7	2.3646	0.0728	0.7059	Conforme
8.0800	8.00	0.1032	7	2.3646	0.0860	0.8080	Conforme
4.9500	5.00	0.0624	7	2.3646	0.0588	0.4950	Conforme
1.0750	1.00	0.0120	7	2.3646	0.0936	0.3000	Conforme
1.0760	1.00	0.0120	7	2.3646	0.0936	0.3000	Conforme

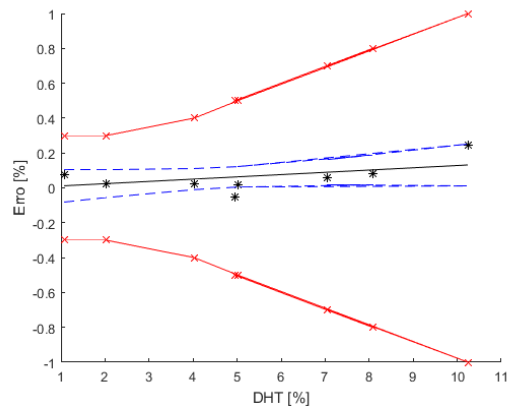


Tabela B.138: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0300	2.00	0.0524	8	2.3060	0.0243	0.3000	Conforme
3.9720	4.00	-0.0104	9	2.2622	0.0185	0.3972	Conforme
4.9490	5.00	-0.0420	9	2.2622	0.0180	0.4949	Conforme
9.7830	10.00	-0.1983	7	2.3646	0.0358	0.9783	Conforme
6.9130	7.00	-0.1055	8	2.3060	0.0223	0.6913	Conforme
7.8630	8.00	-0.1362	8	2.3060	0.0260	0.7863	Conforme
4.9990	5.00	-0.0436	9	2.2622	0.0180	0.4999	Conforme
1.0880	1.00	0.0828	7	2.3646	0.0290	0.3000	Conforme
1.0850	1.00	0.0829	7	2.3646	0.0290	0.3000	Conforme

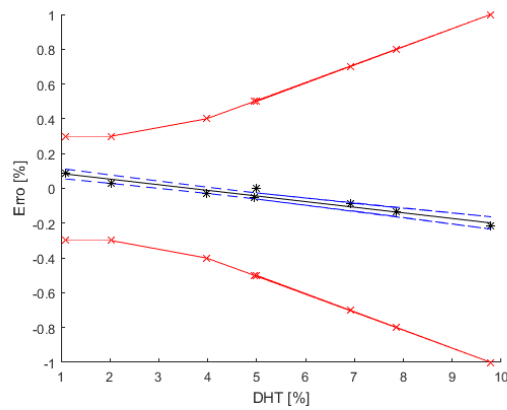


Tabela B.139: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.1000	2.00	0.0677	8	2.3060	0.0214	0.3000	Conforme
4.0000	4.00	0.0166	9	2.2622	0.0165	0.4000	Conforme
4.9860	5.00	-0.0099	10	2.2281	0.0158	0.4986	Conforme
9.8400	10.00	-0.1406	7	2.3646	0.0316	0.9840	Conforme
6.9540	7.00	-0.0629	8	2.3060	0.0198	0.6954	Conforme
7.9190	8.00	-0.0889	8	2.3060	0.0230	0.7919	Conforme
5.0020	5.00	-0.0104	10	2.2281	0.0158	0.5002	Conforme
1.0810	1.00	0.0952	8	2.3060	0.0251	0.3000	Conforme
1.0800	1.0000	0.0952	8	2.3060	0.0251	0.3000	Conforme

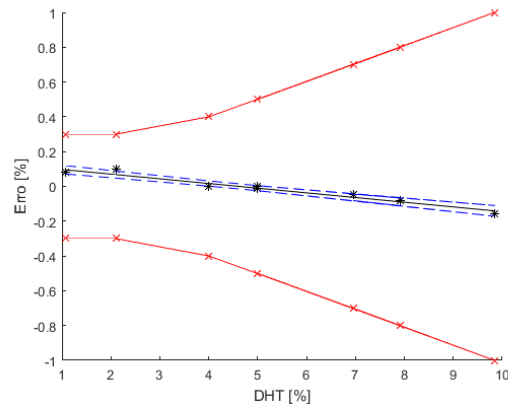


Tabela B.140: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0600	2.00	-0.0120	7	2.3646	0.0941	0.3000	Conforme
4.0800	4.00	0.0372	7	2.3646	0.0718	0.4080	Conforme
4.9900	5.00	0.0594	7	2.3646	0.0698	0.4990	Conforme
10.3200	10.00	0.1892	7	2.3646	0.1431	1.0320	Conforme
7.0500	7.00	0.1096	7	2.3646	0.0861	0.7050	Conforme
8.1000	8.00	0.1351	7	2.3646	0.1020	0.8100	Conforme
4.9200	5.00	0.0577	7	2.3646	0.0697	0.4920	Conforme
0.9900	1.00	-0.0381	7	2.3646	0.1119	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	-0.0381	7	2.3646	0.1119	0.3000	Conforme

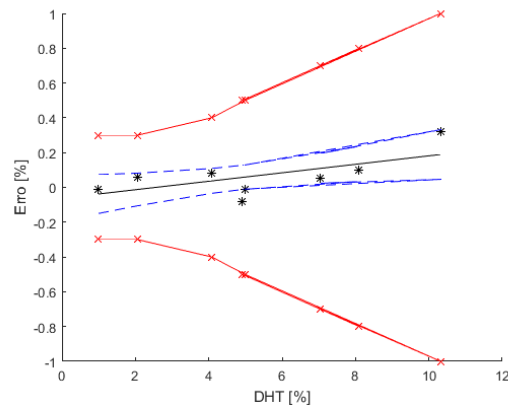


Tabela B.141: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9300	2.00	-0.0290	7	2.3646	0.0486	0.3000	Conforme
3.8900	4.00	-0.0772	7	2.3646	0.0369	0.3890	Conforme
4.9200	5.00	-0.1025	7	2.3646	0.0357	0.4920	Conforme
9.7300	10.00	-0.2209	7	2.3646	0.0705	0.9730	Conforme
6.8800	7.00	-0.1508	7	2.3646	0.0444	0.6880	Conforme
7.8200	8.00	-0.1739	7	2.3646	0.0519	0.7820	Conforme
4.9800	5.00	-0.1040	7	2.3646	0.0358	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	-0.0059	7	2.3646	0.0570	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	-0.0059	7	2.3646	0.0570	0.3000	Conforme

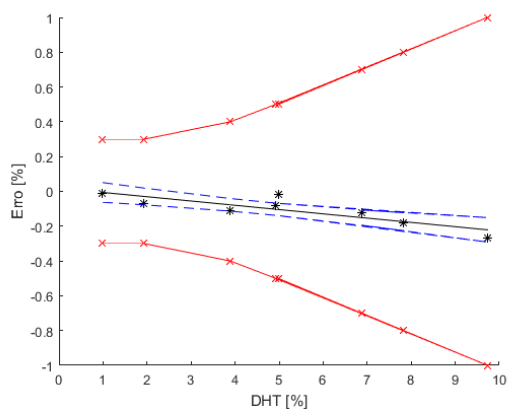


Tabela B.142: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9700	2.00	-0.0085	7	2.3646	0.0692	0.3000	Conforme
3.9400	4.00	-0.0333	7	2.3646	0.0524	0.3940	Conforme
4.9700	5.00	-0.0463	7	2.3646	0.0508	0.4970	Conforme
9.7900	10.00	-0.1070	7	2.3646	0.1001	0.9790	Conforme
7.0500	7.00	-0.0725	7	2.3646	0.0642	0.7050	Conforme
7.9300	8.00	-0.0835	7	2.3646	0.0744	0.7930	Conforme
4.9800	5.00	-0.0464	7	2.3646	0.0508	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	0.0038	7	2.3646	0.0815	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0038	7	2.3646	0.0815	0.3000	Conforme

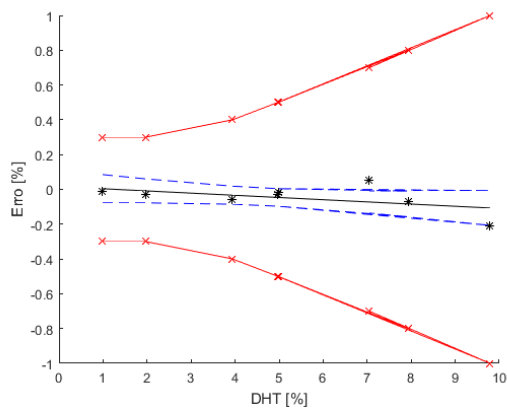


Tabela B.143: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0400	2.00	0.0068	7	2.3646	0.0486	0.3000	Conforme
4.0100	4.00	-0.0029	7	2.3646	0.0372	0.4010	Conforme
5.0000	5.00	-0.0078	7	2.3646	0.0361	0.5000	Conforme
9.9000	10.00	-0.0319	7	2.3646	0.0711	0.9900	Conforme
7.0200	7.00	-0.0177	7	2.3646	0.0450	0.7020	Conforme
8.0400	8.00	-0.0227	7	2.3646	0.0532	0.8040	Conforme
4.9500	5.00	-0.0075	7	2.3646	0.0361	0.4950	Conforme
0.9900	1.00	0.0119	7	2.3646	0.0578	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0119	7	2.3646	0.0578	0.3000	Conforme

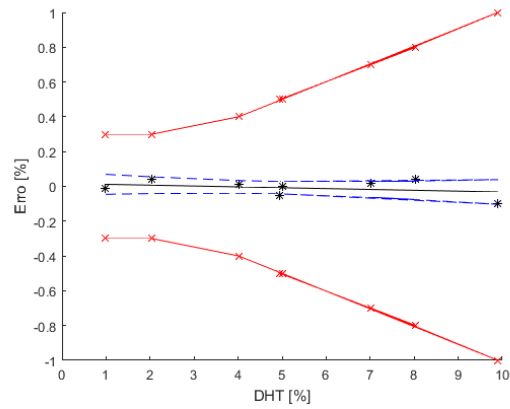


Tabela B.144: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9700	2.00	-0.0317	7	2.3646	0.0758	0.3000	Conforme
3.9600	4.00	-0.0194	7	2.3646	0.0576	0.3960	Conforme
4.9500	5.00	-0.0133	7	2.3646	0.0557	0.4950	Conforme
10.1500	10.00	0.0189	7	2.3646	0.1139	1.0150	Conforme
6.9400	7.00	-0.0010	7	2.3646	0.0686	0.6940	Conforme
7.9100	8.00	0.0050	7	2.3646	0.0804	0.7910	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

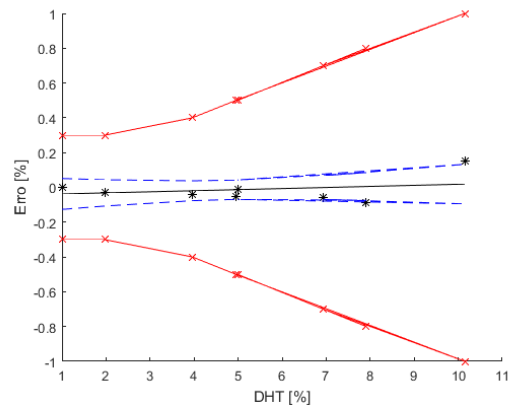


Tabela B.145: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9800	2.00	0.0006	7	2.3646	0.0354	0.3000	Conforme
3.9900	4.00	-0.0192	7	2.3646	0.0270	0.3990	Conforme
4.9800	5.00	-0.0289	8	2.3060	0.0257	0.4980	Conforme
9.8700	10.00	-0.0771	7	2.3646	0.0513	0.9870	Conforme
6.9800	7.00	-0.0486	7	2.3646	0.0325	0.6980	Conforme
7.9500	8.00	-0.0582	7	2.3646	0.0380	0.7950	Conforme
5.0200	5.00	-0.0293	8	2.3060	0.0257	0.5020	Conforme
1.0000	1.00	0.0103	7	2.3646	0.0416	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0104	7	2.3646	0.0417	0.3000	Conforme

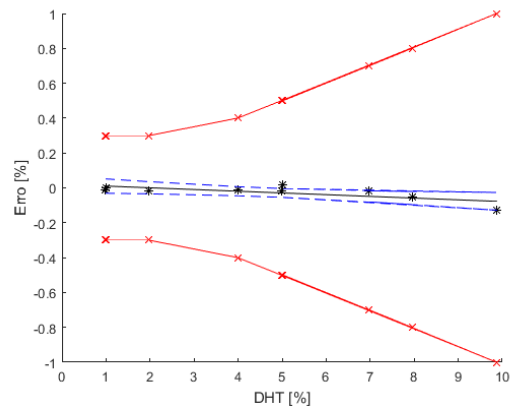


Tabela B.146: Tensão Harmônica Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.7100	0.70	-0.0229	3	2.7764	0.2461	0.3000	Conforme
2.7200	2.66	0.0064	3	2.7764	0.1850	0.3000	Conforme
4.6900	4.66	0.0352	3	2.7764	0.1459	0.4690	Conforme
6.6200	6.66	0.0634	3	2.7764	0.1446	0.6620	Conforme
8.6000	8.65	0.0923	3	2.7764	0.1822	0.8600	Conforme
10.9400	10.65	0.1265	3	2.7764	0.2535	1.0940	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

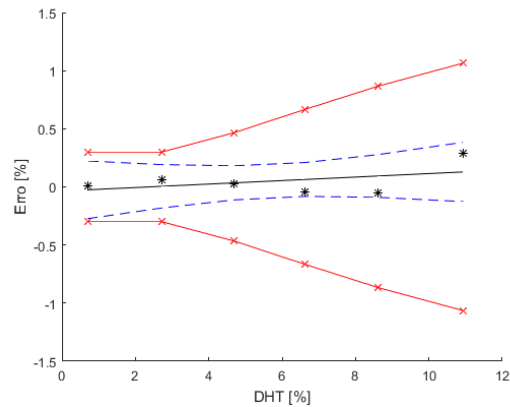


Tabela B.147: Tensão Harmônica Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6700	0.70	-0.0157	3	2.7764	0.1053	0.3000	Conforme
2.5900	2.66	-0.0152	3	2.7764	0.0796	0.3000	Conforme
4.5700	4.66	-0.0868	3	2.7764	0.0623	0.4570	Conforme
6.5800	6.66	-0.1235	3	2.7764	0.0625	0.6580	Conforme
8.5500	8.65	-0.1594	3	2.7764	0.0799	0.8550	Conforme
10.3900	10.65	-0.1929	3	2.7764	0.1045	1.0390	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

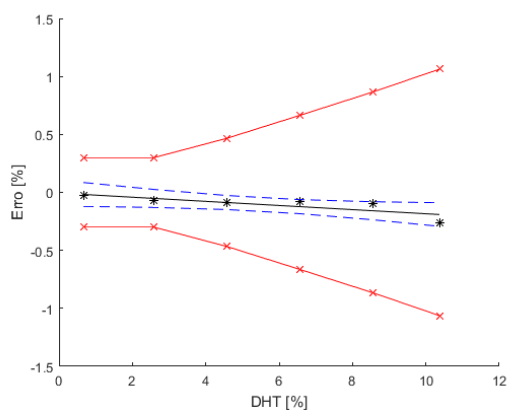
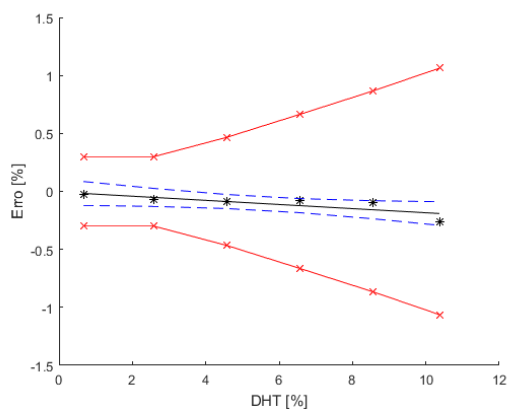


Tabela B.148: Tensão Harmônica Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6700	0.70	-0.0157	3	2.7764	0.1053	0.3000	Conforme
2.5900	2.66	-0.0152	3	2.7764	0.0796	0.3000	Conforme
4.5700	4.66	-0.0868	3	2.7764	0.0623	0.4570	Conforme
6.5800	6.66	-0.1235	3	2.7764	0.0625	0.6580	Conforme
8.5500	8.65	-0.1594	3	2.7764	0.0799	0.8550	Conforme
10.3900	10.65	-0.1929	3	2.7764	0.1045	1.0390	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme



B.4.7 Tensões Inter-Harmônicas

O IMA não registra tensões inter-harmônicas

B.4.8 VTCD

Não foi possível acessar a memória de massa remotamente para a leitura dessa grandeza

Apêndice C

Guia para a aplicação da Metodologia Proposta

C.1 Considerações iniciais

O presente guia é elaborado com o objetivo de apresentar as estratégias empregadas para os testes de desempenho funcional de instrumentos de medição da QEE classe A e classe S. De fato, tem-se neste documento os procedimentos recomendados para a avaliação dos instrumentos de medição das grandezas da QEE.

C.1.1 Siglas

IMA – Instrumento de medição em avaliação (equipamento submetido aos testes);

SMP – Sistema de medição padrão;

QEE – Qualidade da energia elétrica;

RTC – Relógio de Tempo Real; e

U_{din} – Tensão de alimentação declarada.

C.1.2 Classificação dos Testes de Desempenho

Os testes de desempenho funcional em instrumentos de medição da QEE foram classificados em três classes, a saber, classe Q (questionário), classe V (verificação) e classe C (calibração). Estas classes são definidas no capítulo 5 do presente documento.

C.1.3 Equipamentos e Materiais

- Fonte programável de tensões trifásicas;
- Instrumento de medição de referência, se for necessário; e
- Computador de programação do SMP.

C.1.4 Condições do Sistema Elétrico

O desempenho dos instrumentos é realizado sobre um sistema trifásico estrela aterrado com neutro, a frequência nominal de **60 Hz** e a tensão de alimentação declarada (U_{din}) igual a **127 V fase-neutro**.

C.1.5 Condições Ambientais

Os instrumentos devem ser mantidos pelo menos 30 minutos nas condições ambientais, mencionadas a seguir, antes de se iniciar os ensaios:

- Temperatura (23 ± 3) °C;
- Umidade (50 ± 3) %.

As condições do ambiente do local da execução dos testes devem ser registradas no relatório técnico.

C.2 Guia de Teste de Aspectos Gerais

C.2.1 Campo de Aplicação

Este procedimento aplica-se à avaliação dos aspectos gerais de instrumentos voltados à QEE com base na norma **IEC 61000-4-30**.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 4.6 e 4.7 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A

- O IMA declara uma incerteza do relógio de tempo real (RTC) menor que 16,7 ms?
- O IMA declara uma tolerância do RTC menor que 1 s por um período de 24 horas, quando a sincronização de um sinal externo está indisponível?

- O IMA realiza a marcação de parâmetros de regime permanente quando da detecção de um afundamento, de uma elevação ou de uma interrupção, conforme o item 4.7 da norma?

Analísadores Classe S

- O IMA declara uma tolerância do RTC menor que 5 s por um período de 24 horas, quando a sincronização de um sinal externo está indisponível?
- O IMA realiza a marcação de parâmetros de regime permanente quando da detecção de um afundamento, de uma elevação ou de uma interrupção, conforme o item 4.7 da norma?

C.3 Guia de Teste da Frequência Elétrica

C.3.1 Campo de Aplicação

Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição da frequência elétrica com base na norma **IEC 61000-4-30**.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar o item 5.1.1 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A e Classe S

- O IMA fornece as indicações de frequência a cada 10 segundos do tempo do RTC?

Teste Tipo V. Com o propósito de avaliar o item 5.1.1 da mencionada norma, será executado o teste de frequência denominado atenuação de harmônicas.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Atenuação de Harmônicas.** Aplicar sobre o canal de referência do IMA o sinal descrito pela equação (C.1), por um período mínimo de 10 segundos. Ao final do teste, o IMA tem que apresentar uma amostra de frequência.

$$v(t) = U_{din}(\cos(2\pi ft) + 0.3\cos(2\pi f60t + 30)) \quad (\text{C.1})$$

Teste Tipo C. Com o propósito de avaliar os itens 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4 e 6.1 da mencionada norma, serão executados os testes de frequência elétrica constante e variável. Os testes de frequência elétrica constante são divididos em função das condições do sistema. Estas referem-se ao grau de desequilíbrio, ao grau de flutuação e ao grau de distorção harmônica.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Frequência Elétrica Constante - Condições 1.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinais de tensão conforme as seguintes características:

- Sistema trifásico equilibrado a U_{din} ;
- Formas de onda sem distorções harmônicas e sem flutuação de tensão;
- O teste é constituído por 9 etapas com diferentes valores de frequência (veja a Tabela C.1);
- Duração mínima das etapas: 10 segundos;
- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 9 amostras, ou seja, uma amostra a cada etapa.

- **Teste de Frequência Constante - Condições 2.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinais de tensão conforme as seguintes características:

- Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.2;
- As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar distorções harmônicas e flutuação de tensão conforme a Tabela C.2;
- O teste é constituído por 9 etapas com diferentes valores de frequência (veja a Tabela C.1), nas condições da Tabela C.2;
- Duração mínima das etapas: 10 segundos;
- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 9 amostras, ou seja, uma amostra a cada etapa.

Tabela C.1: Valores a serem empregados nos testes de frequência elétrica constante - condições 1, 2 e 3

Etapa	Frequência [Hz]
1	52
2	54
3	56
4	58
5	60
6	62
7	64
8	66
9	68

- **Frequência Elétrica Constante - Condições 3.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinais de tensão conforme as seguintes características:

- Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.3;
- As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar distorção harmônica e flutuação de tensão conforme a Tabela C.3;
- O teste é constituído por 9 etapas com diferentes valores de frequência (veja a Tabela C.1), nas condições da Tabela C.3;
- Duração mínima das etapas: 10 segundos;
- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 9 amostras, ou seja, uma amostra a cada etapa.

- **Teste de Frequência Elétrica Variável.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinais de tensão conforme as seguintes características:

- Sistema trifásico equilibrado a U_{din} ;
- Formas de onda sem distorção harmônica e sem flutuação de tensão;
- O teste é constituído por 9 etapas;
- Duração mínima das etapas: 10 segundos;
- Para cada etapa a frequência varia a cada 2 segundos, periodicamente, conforme indica a Tabela C.4;
- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 9 amostras, ou seja, uma amostra a cada etapa.
- A Tabela C.5 apresenta as características do mencionado teste, e a Tabela C.4 exhibe como deve variar a frequência em cada etapa do teste.

Tabela C.2: Condições da onda de tensão no teste de frequência elétrica constante - condições 2

Grandeza	Condição
Desequilíbrio ¹	Fase A: 73 % da U_{din} Fase B: 80 % da U_{din} Fase C: 78 % da U_{din}
Distorção	10 % da 3ª harmônica 5 % da 5ª harmônica 5 % da 29ª harmônica 5 % da 7,5ª inter-harmônica
Flutuação	Pst = 1. Modulação retangular em 39 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 1,044

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar na condição de equilíbrio

Tabela C.3: Condições da onda de tensão no teste de frequência elétrica constante - condições 3

Grandeza	Condição
Desequilíbrio ¹	Fase A: 152 % da U_{din} Fase B: 140 % da U_{din} Fase C: 128 % da U_{din}
Distorção	10 % da 7ª harmônica 13 % da 5ª harmônica 5 % da 25ª harmônica 5 % da 3,5ª inter-harmônica
Flutuação	Pst = 4. Modulação retangular em 110 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 3,364

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar defasados entre si de 120 graus

Tabela C.4: Valores a serem empregados no teste de frequência elétrica variável

Etapa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intervalo [s]	[Hz]	[Hz]	[Hz]	[Hz]	[Hz]	[Hz]	[Hz]	[Hz]	[Hz]
0 - 2	52	53	54	55	56	57	58	59	60
2 - 4	54	55	56	57	58	59	60	61	62
4 - 6	56	57	58	59	60	61	62	63	64
6 - 8	58	59	60	61	62	63	64	65	66
8 - 10	60	61	62	63	64	65	66	67	68

Tabela C.5: Características do teste de frequência elétrica variável

Etapa	Mínimo ¹	Máximo ²	Representativo ³
1	52	60	56
2	53	61	57
3	54	62	58
4	55	63	59
5	56	64	60
6	57	65	61
7	58	66	62
8	59	67	63
9	60	68	64

¹ Valor mínimo da frequência na etapa² Valor máximo da frequência na etapa³ Valor da frequência esperada na medição

C.4 Guia de Teste da Magnitude de Tensão Elétrica

Campo de Aplicação. Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição da magnitude de tensão elétrica com base na norma **IEC 61000-4-30**.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 5.2.1 e 5.2.4 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A e Classe S

- O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 12 ciclos, conforme o item 4.4 da norma IEC 61000-4-30?
- O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 180 ciclos?
- O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 10 minutos do tempo do RTC?
- O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 2 horas do tempo do RTC?

Tipo V. Com o propósito de avaliar o item 5.2.1 da mencionada norma, serão executados os testes de magnitude de tensão denominados valor eficaz verdadeiro sinal 1 e valor eficaz verdadeiro sinal 2.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Valor Eficaz Verdadeiro - Sinal 1.** Aplicar sobre o canal de referência do IMA uma onda triangular com valor de pico igual a $\sqrt{3}U_{din}$ a frequência de

60 Hz. No momento da aplicação do sinal, colher a medição instantânea da magnitude de tensão no canal de referência do IMA.

- **Valor Eficaz Verdadeiro - Sinal 2.** Aplicar sobre o canal de referência do IMA uma onda quadrática com valor pico igual a U_{din} a frequência de 60 Hz. No momento da aplicação do sinal, colher a medição instantânea da magnitude de tensão no canal de referência do IMA.

Testes Tipo C. Com o propósito de avaliar os itens 5.2.1, 5.2.2, 5.2.4 e 6.1 da norma, serão executados os testes de magnitude de tensão constante e variável¹. Os testes de magnitude de tensão constante são divididos em função das condições do sistema. Estas referem-se ao grau de desequilíbrio, ao grau de flutuação e à distorção harmônica. Os testes de magnitude de tensão devem avaliar as indicações requisitadas pela norma, quais sejam, 12 ciclos, 180 ciclos (3 segundos), 10 minutos e 2 horas. No entanto, a avaliação de todas estas indicações inviabiliza os testes, devido ao tempo demandado para a sua execução. Dado que o ??) indica a realização de medições com intervalos de 10 minutos, optou-se por este intervalo de medição.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Magnitude de Tensão Constante - Condições 1.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Sistema trifásico equilibrado a uma frequência de 60 Hz;
 - Formas de onda sem distorções harmônicas e sem flutuação de tensão;
 - O teste é constituído por 5 etapas com diferentes valores de tensão (veja a tabela C.6);
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Magnitude de Tensão Constante - Condições 2.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.7;
 - As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar distorção harmônica e flutuação de tensão conforme a Tabela C.7;

¹O teste de magnitude de tensão variável foi elaborado unicamente para avaliar o desempenho metrológico das medições do intervalo de 10 minutos

- O teste é constituído por 5 etapas com diferentes valores de magnitude de tensão (veja a Tabela C.6), nas condições da Tabela C.7;
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Magnitude de Tensão Constante - Condições 3.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.8;
 - As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar distorção harmônica e flutuação de tensão conforme a Tabela C.8;
 - O teste é constituído por 5 etapas com diferentes valores de magnitude de tensão (veja a Tabela C.6), nas condições da Tabela C.8;
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Magnitude de Tensão Variável** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- Sistema trifásico equilibrado a uma frequência de 60 Hz;
 - Formas de onda sem distorções harmônicas e sem flutuação de tensão;
 - O teste é constituído de 10 etapas;
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos;
 - Cada etapa é constituída de 1800 ciclos que apresentam valores conforme exposto nas Tabelas C.9 (Avaliação para o analisador Classe A) e C.10 ((Avaliação para o analisador Classe S). Estes intervalos de 1800 ciclos se repetem até completar 10 minutos.
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 10 amostras para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
 - As Tabelas C.11 (Classe A) e C.12 (Classe S) apresentam as caraterísticas do mencionado teste.

Tabela C.6: Valores a serem empregados no teste da magnitude de tensão constante - condições 1, 2 e 3

Etapa	Classe A	Classe S
	Magnitude ¹	[%]
1	10	20
2	45	45
3	80	70
4	115	95
5	150	120

¹ Valor da magnitude em porcentagem da U_{din}

Tabela C.7: Condições da onda de tensão no teste da magnitude de tensão constante - condições 2

Grandeza	Condição
Frequência	59 Hz
Desequilíbrio ¹	Fase A: conforme a Tabela C.6 Fase B: 109,59 % da tensão na fase A Fase C: 119,18 % da tensão na fase A
Distorção	10 % da 3 ^a harmônica 5 % da 5 ^a harmônica 5 % da 29 ^a harmônica 5 % da 7,5 ^a inter-harmônica
Flutuação	Pst = 1. Modulação retangular em 39 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 1,044

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar defasados entre si de 120 graus

Tabela C.8: Condições da onda de tensão no teste de magnitude de tensão constante - condições 3

Grandeza	Condição
Frequência	61 Hz
Desequilíbrio ¹	Fase A: conforme a Tabela C.6 Fase B: 92,10 % da tensão na fase A Fase C: 84,21 % da tensão na fase A
Distorção	10 % da 7 ^a harmônica 13 % da 5 ^a harmônica 5 % da 25 ^a harmônica 5 % da 3,5 ^a inter-harmônica
Flutuação	Pst = 4. Modulação retangular em 110 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 3,364

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar defasados entre si 120 graus

Tabela C.9: Valores a serem empregados no teste de magnitude de tensão variável - Classe A

Etapa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intervalo [ciclos]	Valores em porcentagem da tensão nominal									
1 - 180	12	32	52	62	74	87	97	107	122	142
181 - 360	13	33	53	63	75	88	98	108	123	143
361 - 540	14	34	54	64	76	89	99	109	124	144
541 - 720	15	35	55	65	77	90	100	110	125	145
721 - 900	16	36	56	66	78	91	101	111	126	146
901 - 1080	17	37	57	67	79	92	102	112	127	147
1081 - 1260	18	38	58	68	80	93	103	113	128	148
1261 - 1440	16	36	56	66	78	91	101	111	126	146
1441 - 1620	14	34	54	64	76	89	99	109	124	144
1621 - 1800	12	32	52	62	74	87	97	107	122	142

⁺ Os 1800 ciclos de cada etapa do teste devem ser repetidos pelo menos 20 vezes sucessivamente para se ter 10 minutos por etapa.

Tabela C.10: Valores a serem empregados no teste de magnitude de tensão variável - Classe S

Etapa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intervalo [ciclos]	Valores em porcentagem da tensão nominal									
1 - 180	22	38	52	68	82	88	92	98	102	112
181 - 360	23	39	53	69	83	89	93	99	103	113
361 - 540	24	40	54	70	84	90	94	100	104	114
541 - 720	25	41	55	71	85	91	95	101	105	115
721 - 900	26	42	56	72	86	92	96	102	106	116
901 - 1080	27	43	57	73	87	93	97	103	107	117
1081 - 1260	28	44	58	74	88	94	98	104	108	118
1261 - 1440	26	42	56	72	86	92	96	102	106	116
1441 - 1620	24	40	54	70	84	90	94	100	104	114
1621 - 1800	22	38	52	67	82	88	92	98	102	112

⁺ Os 1800 ciclos de cada etapa do teste devem ser repetidos pelo menos 20 vezes sucessivamente para se ter 10 minutos por etapa.

Tabela C.11: Características da magnitude no teste da magnitude de tensão variável - Classe A

Etapa	Fase	Mínimo ¹	Máximo ²	Representativo ³
Valores em porcentagem da U_{din}				
1	A, B, e C	12	18	14,829
2		32	38	34,755
3		52	58	54,735
4		62	68	64,729
5		80	83	76,725
6		87	93	89,721
7		97	103	99,719
8		107	113	109,717
9		122	128	124,715
10		142	148	144,713

¹ Valor mínimo da magnitude na etapa

² Valor máximo da magnitude na etapa

³ Valor esperado na medição

Tabela C.12: Características da magnitude no teste da magnitude de tensão variável - Classe S

Etapa	Fase	Mínimo ¹	Máximo ²	Representativo ³
		Valores em porcentagem da U_{din}		
1	A, B, e C	22	28	24,777
2		38	44	40,747
3		52	58	54,735
4		68	74	70,727
5		82	88	84,722
6		88	94	90,721
7		92	98	94,720
8		98	104	100,719
9		102	108	104,718
10		113	119	115,716

¹ Valor mínimo da magnitude na etapa

² Valor máximo da magnitude na etapa

³ Valor esperado na medição

C.5 Guia de Teste da Flutuação da Tensão Elétrica (Cintilação)

C.5.1 Campo de Aplicação

Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição da flutuação de tensão elétrica com base na norma **IEC 61000-4-15**.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 5.3.1 e 5.3.4 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

- O IMA fornece as indicações da flutuação - *Output 5*, conforme a norma IEC 61000-4-15?
- O IMA fornece indicações do Pst a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?
- O IMA fornece indicações do Plt a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?

Testes Tipo C. Com o propósito de avaliar os itens 5.3.2 e 6.2.1 da norma, serão executados os testes de flutuação retangular de tensão constante. Estes testes são divididos em função das condições do sistema. Estas referem-se ao grau de desequilíbrio, ao grau de flutuação e à distorção harmônica. Os testes de flutuação retangular de tensão devem avaliar as indicações requisitadas pela norma, a saber, *Output 5*, Pst e Plt. No entanto, a avaliação de todas estas indicações inviabiliza os testes, devido ao tempo demandado para a sua execução. Dado que o PRODIST em seu módulo 8 indica a realização das medições do Pst, optou-se por esta medição.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Flutuação Retangular de Tensão - Condições 1.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Sistema trifásico equilibrado a U_{din} e a frequência de 60 Hz;
 - Formas de onda sem distorções harmônicas;
 - Se IMA fosse classe A, o teste é constituído por 10 etapas com diferentes valores de Pst (veja a Tabela C.13);
 - Se IMA fosse classe S, o teste é constituído por 4 etapas com diferentes valores de Pst (veja a Tabela C.14);

- Duração mínima das etapas: 10 minutos;
- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 10 ou 4 amostras segundo a classe para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- As Tabelas C.13 e C.14 apresentam os valores do Pst do mencionado teste. A Tabela C.15 exhibe como se deve modificar a tensão de forma retangular para gerar o Pst desejado.

Tabela C.13: Valores do Pst nos testes flutuação retangular de tensão - condição 1 - classe A

Etapa	Fase	Pst
1	A, B, e C	0,5
2		1,5
3		2,5
4		3,5
5		4,5
6		5,5
7		6,5
8		7,5
9		8,5
10		9,5

Tabela C.14: Valores do Pst nos testes flutuação retangular de tensão - condição 1 - classe S

Etapa	Fase	Pst
1	A, B, e C	0,5
2		1,5
3		2,5
4		3,5

Tabela C.15: Flutuação retangular da tensão nos testes de flutuação de tensão - condição 1

Pst	$\Delta V/V[\%]$	VRM ¹
0,5	0,2735	1620
1,5	0,8205	
2,5	1,3675	
3,5	1,9145	
4,5	2,4615	
5,5	3,0085	
6,5	3,5555	
7,5	4,1025	
8,5	4,6495	
9,5	5,1965	

¹ Variações Retangulares
por Minuto

C.6 Guia de Teste de Afundamentos e de Elevações da Tensão Elétrica

C.6.1 Campo de Aplicação

Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição de afundamentos e de elevações de tensão elétrica com base na norma **IEC 61000-4-30**.

Antes de executar os testes descritos a seguir, ajustar no IMA a tensão de histereses a um 2 % da U_{din} e desabilitar, se houver, o cálculo da tensão de referência deslizante.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 5.4.2.1 e 5.4.3.1 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A e Classe S

- O IMA, ao registrar um afundamento, indica a amplitude e a duração do mesmo?
- O IMA, ao registrar uma elevação, indica a amplitude e a duração do mesmo?

Testes TipoC. Com o propósito de avaliar os itens 5.4.2.2, 5.4.3.2, 5.4.5.1 e 5.4.5.2 da mencionada norma, serão executados os testes de amplitude e duração do afundamento, e amplitude e duração da elevação.

Analísadores Classe A e Classe S .

Antes de se iniciar com a execução dos testes, deve-se observar:

- Todos os afundamentos e elevações ocorridos (eventos) devem ser precedidas de um sinal de tensão com características conforme mencionado na Tabela C.16 (pré-evento);
- Tem-se um afundamento de tensão quando a amplitude da tensão está abaixo de 90 % da U_{din} ;

- Tem-se elevação de tensão quando a amplitude da tensão está acima de 110 % da U_{din} ;
 - O IMA deve indicar a hora e a data de ocorrência do evento; e
 - O IMA deve indicar, de forma clara para cada fase, as características do evento.
- **Teste da Amplitude do Afundamento.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- O teste é constituído de 9 afundamentos em cada fase, ou seja, 9 afundamentos na fase A, 9 afundamentos na fase B e 9 afundamentos na fase C (veja a Tabela C.17);
 - Os afundamentos a serem gerados são realizados separadamente para cada uma das fases. Assim, ao se realizar um afundamento na fase A, as fases B e C devem possuir os valores do pré-evento (veja a Tabela C.16);
 - Duração dos afundamentos: 1 segundo;
 - Tempo entre os inícios dos afundamentos: 1 minuto;
 - Ao final do teste, o instrumento de medição tem que apresentar um total de 9 amostras de amplitude do afundamento para cada fase.
- **Teste da Duração do Afundamento.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- O teste é constituído de 6 afundamentos em cada fase, ou seja, 6 afundamentos na fase A, 6 afundamentos na fase B e 6 afundamentos na fase C (veja Tabela C.18);
 - Os afundamentos a serem gerados são realizados separadamente para cada uma das fases. Assim, ao se realizar um afundamento na fase A, as fases B e C devem possuir os valores do pré-evento (veja a Tabela C.16);
 - Amplitude dos afundamentos: 70 % da U_{din} ;
 - Tempo entre os inícios dos afundamentos: 1 minuto; e
 - Ao final do teste, o instrumento de medição tem que apresentar um total de 6 amostras de duração do afundamento para cada fase.
- **Teste da Amplitude da Elevação.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:

- O teste é constituído de 7 elevações em cada fase, ou seja, 7 elevações na fase A, 7 elevações na fase B e 7 elevações na fase C (veja Tabela C.19);
 - As elevações a serem geradas são realizadas separadamente para cada uma das fases. Assim, ao se realizar uma elevação na fase A, as fases B e C devem possuir os valores do pré-evento, Tabela C.16.
 - Duração das elevações: 1 segundo;
 - Tempo entre os inícios das elevações: 1 minuto;
 - Ao final do teste, o instrumento de medição tem que apresentar um total de 7 amostras de amplitude da elevação para cada fase.
- **Teste da Duração da Elevação.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:

- O teste é constituído de 6 elevações em cada fase, ou seja, 6 elevações na fase A, 6 elevações na fase B e 6 elevações na fase C (veja Tabela C.20);
- As elevações a serem geradas são realizadas separadamente para cada uma das fases. Assim, ao se realizar uma elevação na fase A, as fases B e C devem possuir os valores do pré-evento, Tabela C.16.
- Amplitude das elevações: 130 % da U_{din} ;
- Tempo entre os inícios das elevações: 1 minuto; e
- Ao final do teste, o instrumento de medição tem que apresentar um total de 6 amostras de duração da variação para cada fase.

Tabela C.16: Características do pré-evento

Fase	Frequência	Tensão
A,B e C	60 Hz	100 % da U_{din}

Tabela C.17: Características do teste da amplitude do afundamento

Evento	Duração [Ciclos]	Amplitude ¹ [%]
1	2,5	15
2	2,5	25
3	2,5	35
4	2,5	45
5	2,5	55
6	2,5	65
7	2,5	75
8	2,5	85
9	2,5	90

¹ Valor da Amplitude em porcentagem da U_{din}

Tabela C.18: Características do teste da duração do afundamento

Evento	Duração [Ciclos]	Amplitude ¹ [%]
1	1	70
2	1,5	70
3	2,5	70
4	10	70
5	30	70
6	150	70

¹ Valor da Amplitude em porcentagem da U_{din}

Tabela C.19: Características do teste da amplitude da elevação

Evento	Duração [Ciclos]	Amplitude ¹ [%]
1	2,5	110
2	2,5	114
3	2,5	118
4	2,5	122
5	2,5	126
6	2,5	130
7	2,5	134

¹ Valor da Amplitude em porcentagem da U_{din}

Tabela C.20: Características do teste da duração da elevação

Evento	Duração [Ciclos]	Amplitude ¹ [%]
1	1	130
2	1,5	130
3	2,5	130
4	10	130
5	30	130
6	150	130

¹ Valor da Amplitude em porcentagem da U_{din}

C.7 Guia de Teste de Interrupções da Tensão Elétrica

Campo de Aplicação. Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição de interrupções de tensão elétrica com base na norma **IEC 61000-4-30**.

Antes de se executar os testes descritos a seguir, ajuste no IMA a tensão de histereses a um 2 % da U_{din} e desabilite, se houver, o cálculo da tensão de referência deslizante.

Testes Tipo Q. Com o propósito de avaliar o item 5.5.2 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A e Classe S

- O IMA, ao registrar uma interrupção, indica a duração da interrupção, conforme o item 5.5.2 da norma IEC 61000-4-30?

C.7.1 Teste Tipo Classe C

Com o propósito de avaliar em parte os item 5.5.1, 5.5.2 e 5.5.3 da mencionada norma, será executado o teste da duração da interrupção.

Analísadores Classe A e Classe S

- Antes de se iniciar com a execução dos testes, deve-se observar:

- Todas as interrupções ocorridas (eventos) devem ser precedidas de um sinal de tensão com características conforme mencionado na Tabela C.16 (pré-evento);
 - Tem-se uma interrupção de tensão quando a amplitude da tensão de todas as fases está abaixo de 10 % da U_{din} ;
 - O IMA deve indicar a hora e a data de ocorrência do evento; e
 - O IMA deve indicar, de forma clara para cada fase, as características do evento.
- **Teste da Duração da Interrupção.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- O teste é constituído de 10 interrupções (veja Tabela C.21);
 - Amplitude da tensão em suas três fases: 0 V;
 - Tempo entre os inícios das elevações: 1 minuto; e
 - Ao final do teste, o instrumento de medição tem que apresentar um total de 6 amostras da duração da interrupção.

Tabela C.21: Características do teste da duração da interrupção

Evento	Duração ¹ [Ciclos]
1	1
2	1,5
3	2,5
4	10
5	30
6	150

¹ Valor da Amplitude em porcentagem da U_{din}

C.8 Guia de Teste do Desequilíbrio de Tensão Elétrica

Campo de Aplicação . Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição do desequilíbrio de tensão elétrica com base na norma **IEC 61000-4-30**.

Testes Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 5.7.1 e 5.7.4 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A e Classe S

- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 12 ciclos?
- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 180 ciclos?
- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?
- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?

Analísadores Classe A

- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência zero a cada 12 ciclos?
- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência zero a cada 180 ciclos?
- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência zero a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?
- O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência zero a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?

Testes Tipo V. Com o propósito de avaliar o item 5.7.1 da mencionada norma, serão executados os testes de componentes simétricas de sequência negativa e o teste de componentes simétricas de sequência zero.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Teste de Componentes Simétricas Sequência Negativa.** Aplicar sobre o IMA o sistema trifásico descrito pelas equações (C.2). No momento da aplicação das tensões, colher a medição instantânea do fator de desequilíbrio de sequência negativa por parte do IMA.

Analísadores Classe A

- **Teste de Componentes Simétricas Sequência Zero.** Aplicar sobre o IMA o sistema trifásico descrito pelas equações (C.2). No momento da aplicação das tensões, colher a medição instantânea do fator de desequilíbrio de sequência zero por parte do IMA.

$$\begin{aligned}v_A(t) &= \sqrt{2}U_{din} \cos(2\pi \cdot 60t) \text{ V} \\v_B(t) &= \sqrt{2}U_{din} \cos(2\pi \cdot 60t + 249) \text{ V} \\v_C(t) &= \sqrt{2}U_{din} \cos(2\pi \cdot 60t + 125) \text{ V}\end{aligned}\tag{C.2}$$

Testes Tipo C. Com o propósito de avaliar os itens 5.7.2, 5.7.4, e 6.1 da norma, serão executados os testes de desequilíbrio de tensão constante e variável². Os testes de desequilíbrio de tensão constante são divididos em função das condições do sistema. Estas referem-se ao grau de flutuação e à distorção harmônica. Os testes de desequilíbrio de tensão devem avaliar as indicações requisitadas pela norma, a saber, 12 ciclos, 180 ciclos (3 segundos), 10 minutos e 2 horas. No entanto, a avaliação de todas estas indicações inviabiliza os testes, devido ao tempo demandado para a sua execução. Dado que o ??) indica a realização de medições com intervalos de 10 minutos, optou-se por este intervalo de medição.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Teste de Desequilíbrio de Tensão Constante - Condições 1.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Frequência do sistema: 60 Hz;
 - Formas sem distorções e flutuação de tensão;
 - O teste é constituído por 8 etapas com diferentes valores de desequilíbrio de tensão (veja a Tabela C.22), conforme as condições dos fasores das tensões mostrados na Tabela C.23;
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos; e
 - Se IMA fosse classe A, ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para cada fator de desequilíbrio, ou seja, uma amostra a cada etapa para cada fator de desequilíbrio;

²O teste de desequilíbrio de tensão variável foi elaborado unicamente para avaliar o desempenho metrológico das medições do intervalo de 10 minutos

- Se IMA fosse classe S, ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para o fator de desequilíbrio de sequência zero.
- **Teste de Desequilíbrio de Tensão Constante - Condições 2.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar distorção harmônica e flutuação de tensão conforme a Tabela C.24;
 - O teste é constituído por 8 etapas com diferentes valores de desequilíbrio de tensão (veja as Tabelas C.22 e C.23), nas condições da Tabela C.24;
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos;
 - Se IMA fosse classe A, ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para cada fator de desequilíbrio, ou seja, uma amostra a cada etapa para cada fator de desequilíbrio;
 - Se IMA fosse classe S, ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para o fator de desequilíbrio de sequência zero.
- **Teste de Desequilíbrio de Tensão Constante - Condições 3.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar distorção harmônica e flutuação de tensão conforme a Tabela C.25;
 - O teste é constituído por 8 etapas com diferentes valores do desequilíbrio de tensão (veja as Tabelas C.22 e C.23), nas condições da Tabela C.25;
 - Duração mínima das etapas: 10 minutos;
 - Se IMA fosse classe A, ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para cada fator de desequilíbrio, ou seja, uma amostra a cada etapa para cada fator de desequilíbrio;
 - Se IMA fosse classe S, ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 5 amostras para o fator de desequilíbrio de sequência zero.

Tabela C.22: Características do teste de desequilíbrio de tensão constante - condições 1, 2 e 3

Etapa	u_2 [%]	u_o [%]
1	0	0
2	5,0518	5,0518
3	4,9487	4,9487
4	4,000	1,531
5	4,700	1,948
6	5,7730	5,7730
7	3,3350	3,3350
8	2,4700	4,5200

Tabela C.23: Valores dos fasores da tensão no teste de desequilíbrio de tensão constante - condições 1, 2 e 3

Etapa	Fase	Magnitude ¹ [%]	Ângulo de Fase
1	A	100	0
	B	100	240
	C	100	120
2	A	73	0
	B	80	240
	C	87	120
3	A	152	0
	B	140	240
	C	128	120
4	A	100	0
	B	106	240
	C	97	117
5	A	100	0
	B	99	235
	C	95	121
6	A	100	0
	B	99	235
	C	95	121

¹ Valor da magnitude de tensão em porcentagem da U_{din}

Tabela C.24: Condições da onda de tensão no teste do desequilíbrio de tensão constante - condições 2

Grandeza	Condição
Frequência	59 Hz
Distorção	10 % da 3 ^a harmônica 5 % da 5 ^a harmônica 5 % da 29 ^a harmônica 5 % da 7,5 ^a inter-harmônica
Flutuação	Pst = 1. Modulação retangular em 39 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 1,044

Tabela C.25: Condições da onda de tensão no teste de desequilíbrio da tensão constante - condições 3

Grandeza	Condição
Frequência	61 Hz
Distorção	10 % da 7 ^a harmônica 13 % da 5 ^a harmônica 5 % da 25 ^a harmônica 5 % da 3,5 ^a inter-harmônica
Flutuação	Pst = 4. Modulação retangular em 110 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 3,364

C.9 Guia de Teste das Tensões Harmônicas

Campo de Aplicação. Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição das tensões harmônicas elétricas com base na norma **IEC 61000-4-30 Classe A**³.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 5.8.1 e 5.8.4 da mencionada norma, é realizado o seguinte questionamento:

- O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a distorção harmônica total (DHT) a cada 12 ciclos?
- O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 180 ciclos?
- O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?
- O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?

Testes Tipo V. Com o propósito de avaliar o item 5.8.1 da mencionada norma, será executado o teste de tensões harmônicas denominado - *filter anti-aliasing*.

Analísadores Classe A

- **Teste das Tensões Harmônicas - *Filter Anti-Aliasing*.** Aplicar sobre o canal de referência do IMA o sinal descrito pela equação (C.3). No momento da aplicação do sinal, efetuar a medição instantânea da DHT.

³A indicação a utilizar para a avaliação do IMA é o valor de distorção harmônica total.

$$v(t) = \sqrt{2}U_{din} \cdot \cos(2\pi \cdot 60t) + 0,10\sqrt{2}U_{din} \cdot \cos(2\pi \cdot 60(h_{max} + 10)t) \quad V \quad (C.3)$$

Onde h_{max} é a ordem harmônica máxima medida pelo IMA. Esta especificação deve ser adquirida do manual do usuário do IMA.

Testes Tipo C. Com o propósito de avaliar os itens 5.8.1, 5.8.2, 5.8.3 e 6.1 da mencionada norma, serão executados os testes de tensões harmônicas constantes e variáveis⁴. Os testes de tensões harmônicas constantes são divididos em função das condições do sistema. Estas referem-se ao grau de desequilíbrio e ao grau da flutuação de tensão. Os testes de tensões harmônicas devem avaliar as indicações requisitados pela norma, a saber, 12 ciclos, 180 ciclos (3 segundos), 10 minutos e 2 horas. No entanto, a avaliação de todas estas indicações inviabiliza os testes, devido ao tempo demandado para a sua execução. Dado que o PRODIST Módulo 8 indica a realização de medições com intervalos de 10 minutos, optou-se por esta medição.

Analísadores Classe A e Classe S

- **Teste de Tensões Harmônicas Constantes - Condições 1.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Sistema trifásico equilibrado a U_{din} e a frequência de 60 Hz;
 - As formas de onda sem flutuação de tensão;
 - O teste é constituído por 9 etapas com diferentes tensões harmônicas (veja a Tabela C.26);
 - Duração mínima da etapa: 10 minutos;
 - A cada etapa, a DHT é gerada por uma única componente harmônica;
 - A componente harmônica é diferente em cada etapa;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Teste de Tensões Harmônicas Constantes - Condições 2.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.27;

⁴O teste tensões harmônicas variáveis foi elaborado unicamente para avaliar o desempenho metrológico do instrumento em um intervalo de 10 minutos.

- As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar flutuação de tensão conforme a Tabela C.27;
 - O teste é constituído por 9 etapas com diferentes valores de tensões harmônicas (veja a Tabela C.26), nas condições da Tabela C.27;
 - A cada etapa, a distorção harmônica é gerada por uma única componente harmônica;
 - A componente harmônica é diferente a cada etapa;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Teste de Tensões Harmônicas Constantes - Condições 3.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.28;
 - As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar flutuação de tensão conforme a Tabela C.28;
 - O teste é constituído por 9 etapas com diferentes valores de tensões harmônicas (veja a Tabela C.26), nas condições da Tabela C.28;
 - A cada etapa, a distorção harmônica é gerada por uma única componente harmônica;
 - A componente harmônica é diferente a cada etapa;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.

Analísadores Classe A

- **Teste das Tensões Harmônicas Variáveis.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
 - Sistema trifásico equilibrado a U_{din} e a frequência de 60 Hz;
 - As formas de onda não devem apresentar flutuação de tensão;
 - O teste é constituído por 8 etapas com diferentes tensões harmônicas (veja a Tabela C.29);
 - A cada etapa, a distorção harmônica é gerada por uma única componente harmônica;

- A componente harmônica é diferente a cada etapa;
- A duração mínima da etapa: 10 minutos;
- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa;
- Cada etapa é constituída de 1800 ciclos que apresentam os valores conforme exposto na Tabela C.30. Estes intervalos de 1800 ciclos se repetem até completar pelo menos 10 minutos.

A Tabela C.29 apresenta as características do mencionado teste, e a tabela C.30 mostra a variação da componente harmônica.

Tabela C.26: Valores a serem empregados nos testes de tensões harmônicas constantes - condições 1, 2 e 3

Etapa	Harmônica	Classe A	Classe S
		Magnitude ¹ [%]	
1	9	3	2
2	13	7	4
3	11	9	5
4	3	10	10
5	7	13	7
6	5	10,0	8
7	2	5	5
8	8	1	1
9	50/40	1	1

¹ Valor da magnitude da harmônica em porcentagem da U_{din}

Tabela C.27: Condições da onda de tensão no teste das tensões harmônicas constantes - condições 2

Grandeza	Condição
Frequência	59 Hz
Desequilíbrio ¹	Fase A: 73 % da U_{din} Fase B: 80 % da U_{din} Fase C: 78 % da U_{din}
Flutuação	Pst = 1. Modulação retangular em 39 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 1,044

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar defasados entre si de 120 graus

Tabela C.28: Condições da onda de tensão no teste das tensões harmônicas constantes - condições 3

Grandeza	Condição
Frequência	61 Hz
Desequilíbrio ¹	Fase A: 152 % da U_{din} Fase B: 140 % da U_{din} Fase C: 128 % da U_{din}
Flutuação	Pst = 4. Modulação retangular em 110 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 3,364

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar defasados entre si de 120 graus

Tabela C.29: Características do teste de tensões harmônicas variáveis

Etapa	Harmônica	Magnitude ¹ [%]
1	21	0,698
2	9	2,662
3	17	4,657
4	13	6,655
5	11	8,654
6	3	10,653
7	7	12,653
8	5	14,652

¹ Valor da harmônica em porcentagem da U_{din}

Tabela C.30: Valores a serem empregados no teste de tensões harmônicas variáveis

Etapa	1	2	3	4	5	6	7	8
Harmônica	21	9	17	13	11	3	7	5
Ciclos	Porcentuais da harmônica [%]							
1 - 360	0,50	2,50	4,50	6,50	8,50	10,50	12,50	14,50
361 - 720	0,75	2,75	4,75	6,75	8,75	10,75	12,75	14,75
721 - 1080	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	11,00	13,00	15,00
1081 - 1440	0,75	2,75	4,75	6,75	8,75	10,75	12,75	14,75
1441 - 1800	0,25	2,25	4,25	6,25	8,25	10,25	12,25	14,25

⁺ Os 1800 ciclos de cada etapa do teste devem ser repetidos pelo menos 20 vezes sucessivamente para se ter 10 minutos por etapa

C.10 Guia de Teste das Tensões Inter-Harmônica

Campo de Aplicação. Este procedimento aplica-se à avaliação de instrumentos de medição das tensões inter-harmônicas elétricas com base na norma **IEC 61000-4-30**⁵.

Teste Tipo Q. Com o propósito de avaliar os itens 5.9.1 e 5.9.4 da norma, é efetuado o seguinte questionamento:

Analísadores Classe A

- O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 12 ciclos, conforme o norma IEC 61000-4-7?
- O IMA fornece as indicações de inter-harmônicas a cada 180 ciclos?
- O IMA fornece as indicações de inter-inter-harmônicas a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?
- O IMA fornece as indicações de inter-harmônicas a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?

C.10.1 Testes Tipo C.

Com o propósito de avaliar os itens 5.9.1, 5.9.2, 5.9.3 e 6.1 da norma, serão executados os testes de tensões inter-harmônicas constantes. Estes testes são divididos em função das condições do sistema. Estas referem-se ao grau de desequilíbrio e ao grau de flutuação de tensão. Os testes de tensões inter-harmônicas devem avaliar as indicações requisitadas pela norma, a saber, 12 ciclos, 180 ciclos (3 segundos), 10 minutos e 2 horas. No entanto, a avaliação de todas estas indicações inviabiliza os testes, devido ao tempo demandado para a sua execução. Dado que o ??) indica a realização de medições com intervalos de 10 minutos, optou-se por este intervalo de medição.

Analísadores Classe A

- **Teste de Tensões Inter-Harmônicas Constantes - Condições 1.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:

⁵A indicação a utilizar para a avaliação do IMA é o valor de distorção harmônica total.

- Sistema trifásico equilibrado a tensão de U_{din} e a frequência de 60 Hz;
 - As formas de onda sem flutuação de tensão;
 - O teste é constituído por 5 etapas com diferentes tensões inter-harmônicas (veja a Tabela C.31);
 - Duração mínima da etapa: 10 minutos;
 - A cada etapa, a distorção harmônica é gerada por uma componente inter-harmônica;
 - A componente inter-harmônica é diferente a cada etapa;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Teste de Tensões Inter-Harmônicas Constantes - Condições 2.** Aplicar sobre o IMA em distintas etapas sinas de tensão conforme as seguintes características:
- Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.32;
 - As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar flutuação de tensão conforme a Tabela C.32;
 - O teste é constituído por 5 etapas com diferentes valores de tensões inter-harmônicas (veja a Tabela C.31), nas condições da Tabela C.32;
 - A cada etapa, a distorção harmônica é gerada por uma componente inter-harmônica;
 - A componente inter-harmônica é diferente a cada etapa;
 - Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.
- **Teste de Tensões Inter-Harmônica Constante - Condições 3**
- Sistema desequilibrado conforme a Tabela C.33;
 - As formas de onda das tensões do sistema devem apresentar flutuação de tensão conforme a Tabela C.33;
 - O teste é constituído por 5 etapas com diferentes valores de tensões inter-harmônicas (veja a Tabela C.31), nas condições da Tabela C.33;
 - A cada etapa a distorção harmônica é gerada por são uma componente inter-harmônica;
 - A componente inter-harmônica é diferente a cada etapa;

- Ao final do teste, o IMA tem que apresentar um total de 8 amostras de DHT para cada fase, ou seja, uma amostra por fase em cada etapa.

Tabela C.31: Valores a serem empregados no testes de tensões inter-harmônicas constantes - condições 1, 2 e 3

Etapa	Inter-Harmônica	Magnitude ¹ [%]
1	1,5	5
2	7,5	10
3	13,5	5
4	31,5	5
5	49,5	1

¹ Valor da magnitude da inter-harmônica em porcentagem da U_{din}

Tabela C.32: Condições da onda de tensão no teste das tensões inter-harmônicas constantes - condições 2

Grandeza	Condição
Frequência	59 Hz
Desequilíbrio ¹	Fase A: 73 % da U_{din} Fase B: 80 % da U_{din} Fase C: 78 % da U_{din}
Flutuação	Pst = 1. Modulação retangular em 39 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 1,044

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar defasados entre si de 120 graus

Tabela C.33: Condições da onda de tensão no teste das tensões inter-harmônicas constantes - condições 3

Grandeza	Condição
Frequência	61 Hz
Desequilíbrio ¹	Fase A: 152 % da U_{din} Fase B: 140 % da U_{din} Fase C: 128 % da U_{din}
Flutuação	Pst = 4. Modulação retangular em 110 variações por minuto a um $\Delta V\%$ igual a 3,364

¹ Os ângulos de fase das tensões devem estar na condição de equilíbrio

Apêndice D

Resultado da Aplicação Metodologia Proposta

D.1 Instrumento 1

D.1.1 Laudo Geral

A Tabela D.1 apresenta o laudo final do instrumento identificado, com base na metodologia anteriormente descrita. O detalhamento dos resultados nos Testes de Desempenho Funcional dos Instrumentos de Medição da Qualidade da Energia Elétrica é exibido nas páginas posteriores.

Tabela D.1: Laudo do Instrumento 1

Grandezas	Laudo
	Instrumento 1
Frequência Elétrica	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme
Flutuação de Tensão	Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Conforme
Tensões Harmônicas	Conforme
Tensões Inter-Harmônicas	Conforme
Amplitude do Afundamento	Conforme
Amplitude da Elevação	Conforme
Duração do Afundamento	Conforme
Duração da Elevação	Conforme
Duração da interrupção	Conforme

D.1.2 Frequência

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O SMA fornece as indicações de frequência a cada 10 s do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Atenuação de harmônicas	60,00	60,00	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.2: Frequência Condição 1

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.000	49938	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
54.00	54.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
56.00	56.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
62.00	62.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
64.00	64.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
66.00	66.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
68.00	68.00	0.000	49927	1.9600	0.0057	0.05	Conforme

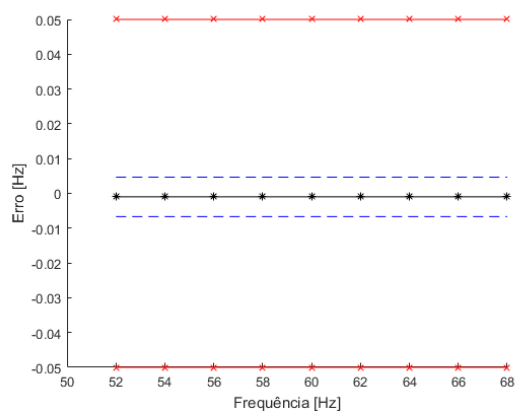


Tabela D.3: Frequência Condição 2

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.000	49938	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
54.00	54.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
56.00	56.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
62.00	62.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
64.00	64.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
66.00	66.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
68.00	68.00	0.000	49927	1.9600	0.0057	0.05	Conforme

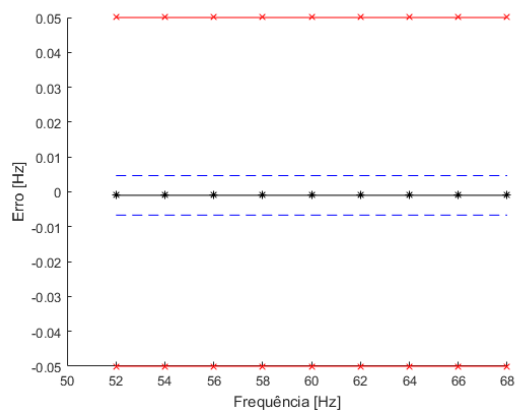


Tabela D.4: Frequência Condição 3

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.000	49938	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
54.00	54.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
56.00	56.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
62.00	62.00	0.000	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
64.00	64.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
66.00	66.00	-0.001	100000	1.9600	0.0057	0.05	Conforme
68.00	68.00	0.000	49927	1.9600	0.0057	0.05	Conforme

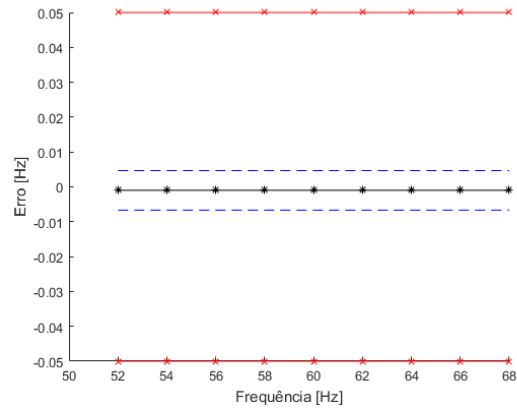
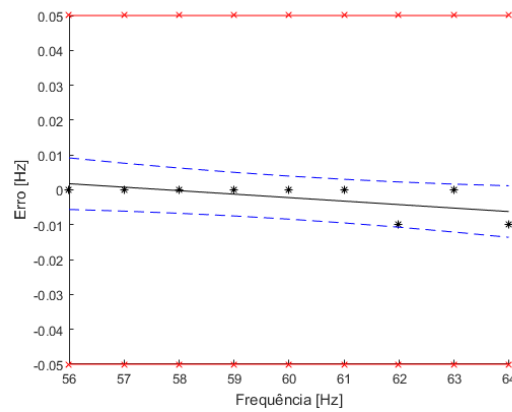


Tabela D.5: Frequência Variável

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
56.00	56.00	0.000	47	2.0117	0.0074	0.05	Conforme
57.00	57.00	0.000	77	1.9913	0.0069	0.05	Conforme
58.00	58.00	0.000	137	1.9774	0.0065	0.05	Conforme
59.00	59.00	0.000	233	1.9702	0.0063	0.05	Conforme
60.00	60.00	0.000	294	1.9681	0.0062	0.05	Conforme
61.00	61.00	0.000	232	1.9702	0.0063	0.05	Conforme
61.99	62.00	-0.010	137	1.9774	0.0065	0.05	Conforme
63.00	63.00	0.000	77	1.9913	0.0069	0.05	Conforme
63.99	64.00	-0.010	47	2.0117	0.0074	0.05	Conforme



D.1.3 Magnitude da Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 12 ciclos, conforme o item 4.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 1	169.37	169.73	Conforme	Sem Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 2	119.88	120.17	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.6: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3700	25.40	0.0217	8	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
57.1000	57.15	-0.0429	9	2.2622	0.0209	0.6350	Conforme
88.8100	88.90	-0.1075	9	2.2622	0.0232	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1720	8	2.3060	0.0344	0.6350	Conforme
152.2000	152.40	-0.2366	8	2.3060	0.0482	0.6350	Conforme

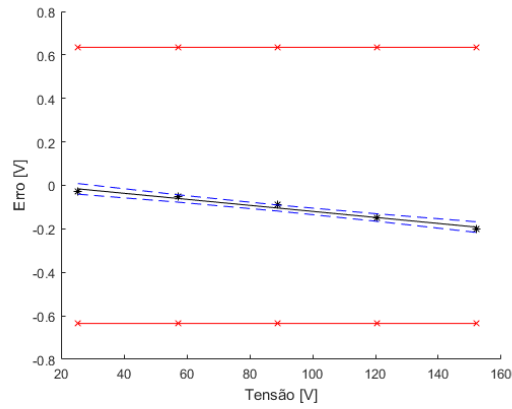


Tabela D.7: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3800	25.40	-0.0060	3	3.1824	0.0486	0.6350	Conforme
57.1000	57.15	-0.0520	3	3.1824	0.0350	0.6350	Conforme
88.8300	88.90	-0.0980	3	3.1824	0.0290	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.1440	3	3.1824	0.0350	0.6350	Conforme
152.2000	152.40	-0.1900	3	3.1824	0.0486	0.6350	Conforme

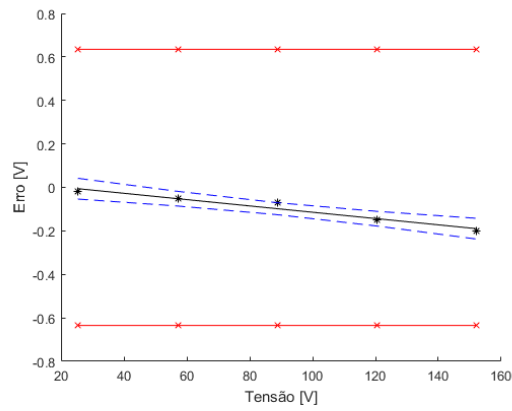


Tabela D.8: Magnitude da Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3800	25.40	-0.0521	3	3.1824	0.1829	0.6350	Conforme
57.1000	57.15	-0.0541	3	3.1824	0.1295	0.6350	Conforme
88.8200	88.90	-0.0560	3	3.1824	0.1059	0.6350	Conforme
120.5000	120.65	-0.0579	3	3.1824	0.1294	0.6350	Conforme
152.4200	152.40	-0.0599	3	3.1824	0.1831	0.6350	Conforme

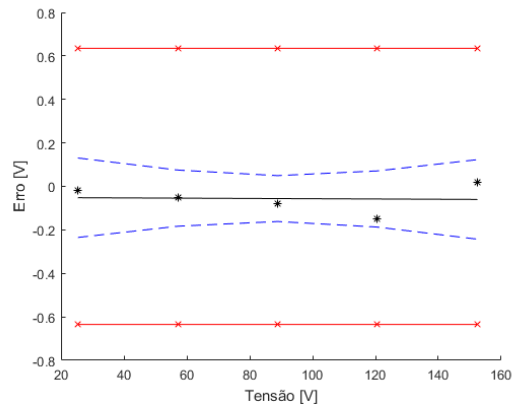


Tabela D.9: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Hz]	[Hz]	[Hz]			[Hz]	[Hz]	
25.2000	25.22	-0.0170	3	3.1824	0.0698	0.6350	Conforme
57.4300	57.47	-0.0445	3	3.1824	0.0496	0.6350	Conforme
89.5800	89.63	-0.0720	3	3.1824	0.0409	0.6350	Conforme
121.7500	121.89	-0.0995	3	3.1824	0.0498	0.6350	Conforme
153.0500	153.16	-0.1263	3	3.1824	0.0694	0.6350	Conforme

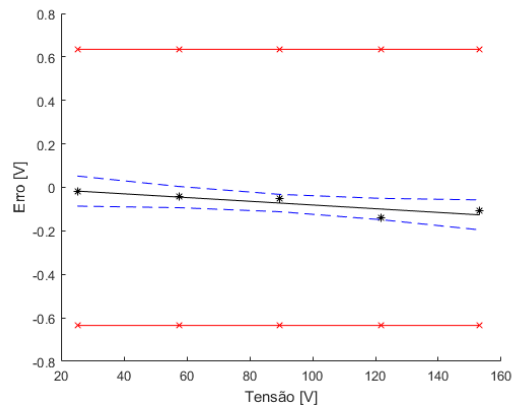


Tabela D.10: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
28.1500	28.20	-0.0595	3	3.1824	0.0919	0.6350	Conforme
63.3000	63.43	-0.0802	3	3.1824	0.0652	0.6350	Conforme
97.5200	97.58	-0.1003	3	3.1824	0.0536	0.6350	Conforme
132.7000	132.82	-0.1210	3	3.1824	0.0653	0.6350	Conforme
167.9000	168.05	-0.1417	3	3.1824	0.0921	0.6350	Conforme

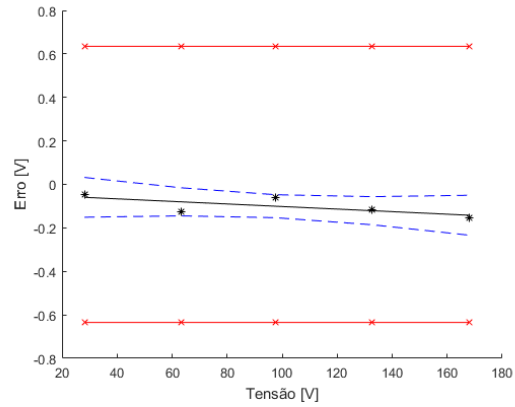


Tabela D.11: Magnitude da Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Hz]	[Hz]	[Hz]			[Hz]	[Hz]	
30.2500	30.28	-0.0212	3	3.1824	0.0850	0.6350	Conforme
68.4500	68.49	-0.0683	3	3.1824	0.0544	0.6350	Conforme
106.6500	106.80	-0.1155	3	3.1824	0.0481	0.6350	Conforme
144.8500	145.02	-0.1626	3	3.1824	0.0727	0.6350	Conforme
121.9000	122.01	-0.1343	3	3.1824	0.0553	0.6350	Conforme

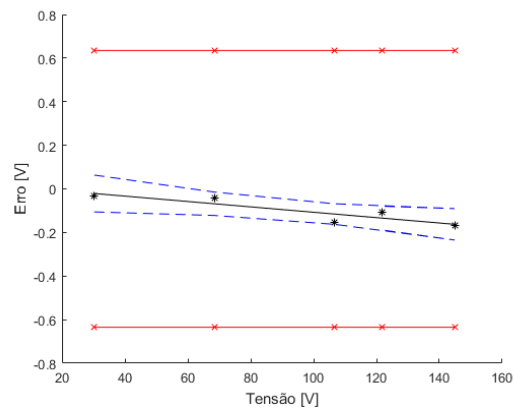


Tabela D.12: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
25.3700	25.38	-0.0352	3	3.1824	0.1469	0.6350	Conforme
57.7700	57.82	-0.0449	3	3.1824	0.1040	0.6350	Conforme
90.2750	90.34	-0.0546	3	3.1824	0.0850	0.6350	Conforme
122.6500	122.79	-0.0643	3	3.1824	0.1043	0.6350	Conforme
154.2400	154.25	-0.0738	3	3.1824	0.1462	0.6350	Conforme

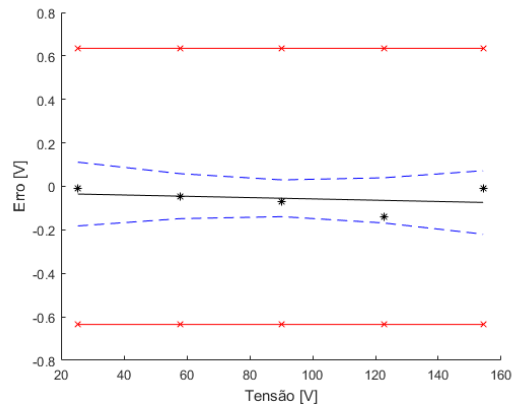


Tabela D.13: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
23.2800	23.30	-0.0421	3	3.1824	0.1042	0.6350	Conforme
53.7400	53.78	-0.0372	3	3.1824	0.0733	0.6350	Conforme
83.1700	83.22	-0.0325	3	3.1824	0.0603	0.6350	Conforme
112.5000	112.58	-0.0278	3	3.1824	0.0735	0.6350	Conforme
142.0400	142.02	-0.0231	3	3.1824	0.1035	0.6350	Conforme

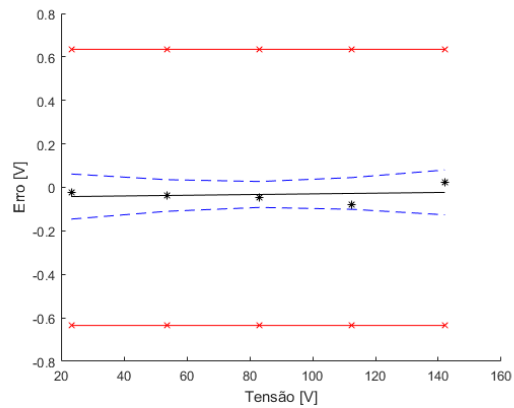


Tabela D.14: Magnitude da Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
21.4000	21.31	0.0353	3	3.1824	0.1367	0.6350	Conforme
48.6100	48.63	0.0204	3	3.1824	0.0968	0.6350	Conforme
75.9400	75.99	0.0055	3	3.1824	0.0792	0.6350	Conforme
103.3000	103.31	-0.0095	3	3.1824	0.0972	0.6350	Conforme
129.7900	129.78	-0.0240	3	3.1824	0.1360	0.6350	Conforme

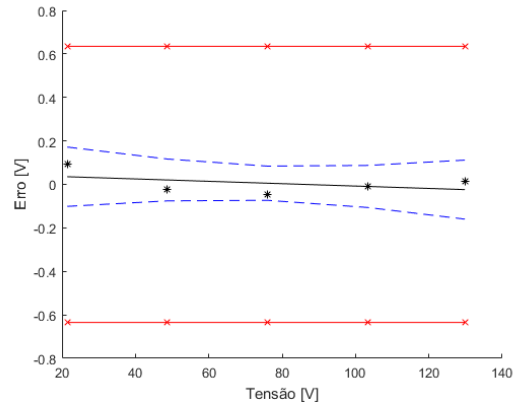


Tabela D.15: Magnitude da Tensão Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.7800	24.78	-0.0222	2	2.3060	0.0599	0.6350	Conforme
40.7500	40.75	-0.0138	2	2.3060	0.0466	0.6350	Conforme
54.7400	54.74	-0.0065	2	2.3060	0.0367	0.6350	Conforme
70.6400	70.73	0.0018	2	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
84.7300	84.72	0.0092	2	2.3060	0.0293	0.6350	Conforme
90.7400	90.72	0.0123	2	2.3060	0.0311	0.6350	Conforme
94.7200	94.72	0.0144	2	2.3060	0.0328	0.6350	Conforme
100.7300	100.72	0.0176	2	2.3060	0.0361	0.6350	Conforme
104.7400	104.72	0.0197	2	2.3060	0.0387	0.6350	Conforme
115.7900	115.72	0.0255	2	2.3060	0.0467	0.6350	Conforme

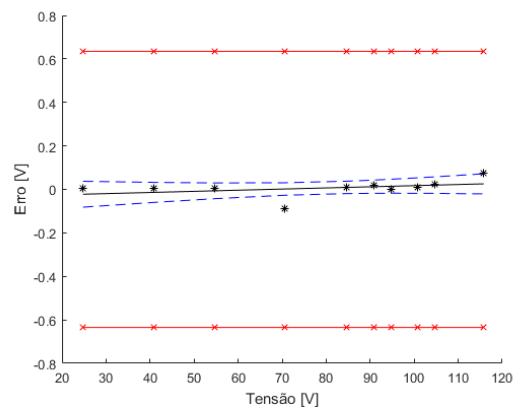


Tabela D.16: Magnitude da Tensão Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.7800	24.78	-0.0222	2	2.3060	0.0599	0.6350	Conforme
40.7500	40.75	-0.0138	2	2.3060	0.0466	0.6350	Conforme
54.7400	54.74	-0.0065	2	2.3060	0.0367	0.6350	Conforme
70.6400	70.73	0.0018	2	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
84.7300	84.72	0.0092	2	2.3060	0.0293	0.6350	Conforme
90.7400	90.72	0.0123	2	2.3060	0.0311	0.6350	Conforme
94.7200	94.72	0.0144	2	2.3060	0.0328	0.6350	Conforme
100.7300	100.72	0.0176	2	2.3060	0.0361	0.6350	Conforme
104.7400	104.72	0.0197	2	2.3060	0.0387	0.6350	Conforme
115.7900	115.72	0.0255	2	2.3060	0.0467	0.6350	Conforme

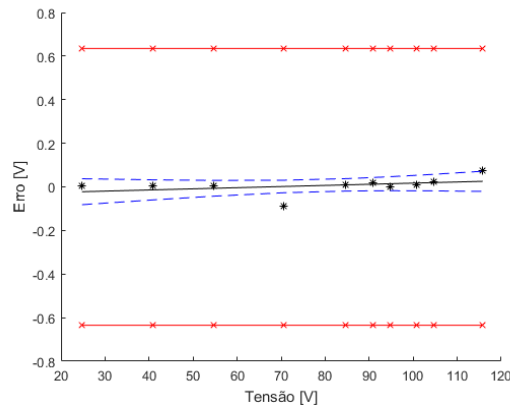
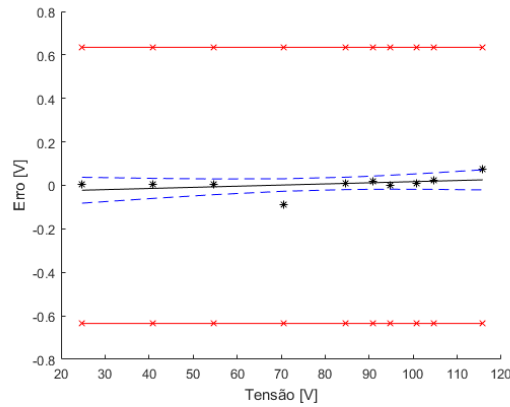


Tabela D.17: Magnitude da Tensão Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
24.7800	24.78	-0.0222	2	2.3060	0.0599	0.6350	Conforme
40.7500	40.75	-0.0138	2	2.3060	0.0466	0.6350	Conforme
54.7400	54.74	-0.0065	2	2.3060	0.0367	0.6350	Conforme
70.6400	70.73	0.0018	2	2.3060	0.0295	0.6350	Conforme
84.7300	84.72	0.0092	2	2.3060	0.0293	0.6350	Conforme
90.7400	90.72	0.0123	2	2.3060	0.0311	0.6350	Conforme
94.7200	94.72	0.0144	2	2.3060	0.0328	0.6350	Conforme
100.7300	100.72	0.0176	2	2.3060	0.0361	0.6350	Conforme
104.7400	104.72	0.0197	2	2.3060	0.0387	0.6350	Conforme
115.7900	115.72	0.0255	2	2.3060	0.0467	0.6350	Conforme



D.1.4 Flutuação de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações da flutuação - <i>Output 5</i> , conforme a norma IEC 61000-4-15?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Pst a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Plt a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.18: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5050	0.5000	0.0028	2	4.3027	0.0202	0.0253	Conforme
1.5120	1.5000	0.0121	2	4.3027	0.0133	0.0756	Conforme
2.5150	2.5000	0.0213	2	4.3027	0.0133	0.1258	Conforme
3.5350	3.5000	0.0308	2	4.3027	0.0203	0.1768	Conforme

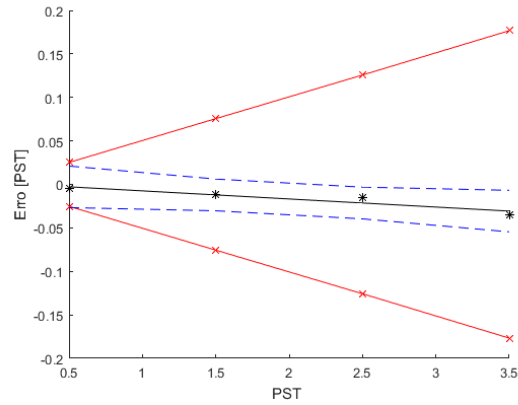


Tabela D.19: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5060	0.5000	0.0045	2	4.3027	0.0142	0.0253	Conforme
1.5120	1.5000	0.0120	2	4.3027	0.0094	0.0756	Conforme
2.5150	2.5000	0.0195	2	4.3027	0.0094	0.1258	Conforme
3.5300	3.5000	0.0270	2	4.3027	0.0143	0.1765	Conforme

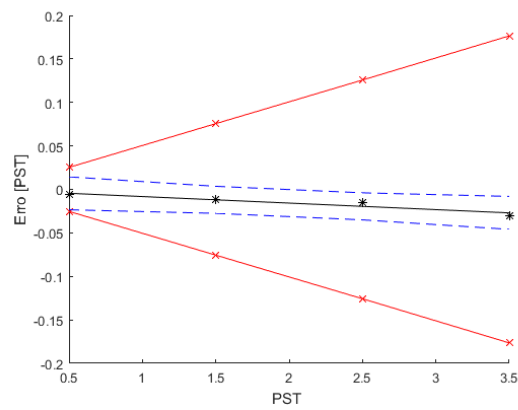
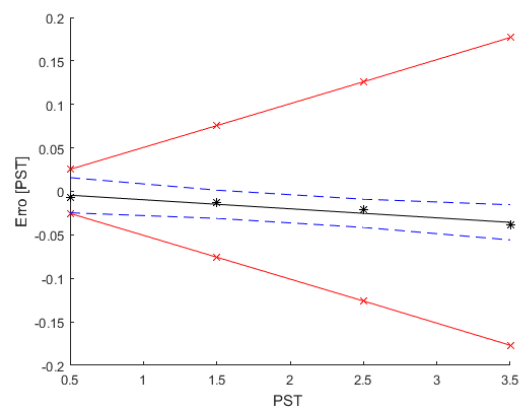


Tabela D.20: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.5070	0.5000	0.0044	2	4.3027	0.0158	0.0254	Conforme
1.5130	1.5000	0.0148	2	4.3027	0.0104	0.0757	Conforme
2.5210	2.5000	0.0252	2	4.3027	0.0104	0.1261	Conforme
3.5390	3.5000	0.0356	2	4.3027	0.0158	0.1770	Conforme



D.1.5 Desequilíbrio de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 12 ciclos, conforme o item 4.4?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Componentes Simétricas Sequência Negativa	5.03	5.03	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.21: Desequilíbrio de Tensão Condição 1- Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.00	0.0153	5	2.5706	0.0485	0.3000	Conforme
2.5200	2.47	0.0226	5	2.5706	0.0263	0.3000	Conforme
3.3700	3.34	0.0250	6	2.4469	0.0217	0.3000	Conforme
4.0300	4.00	0.0269	6	2.4469	0.0218	0.3000	Conforme
4.9700	4.95	0.0297	5	2.5706	0.0271	0.3000	Conforme
5.0500	5.05	0.0299	5	2.5706	0.0276	0.3000	Conforme
5.8200	5.77	0.0321	5	2.5706	0.0336	0.3000	Conforme

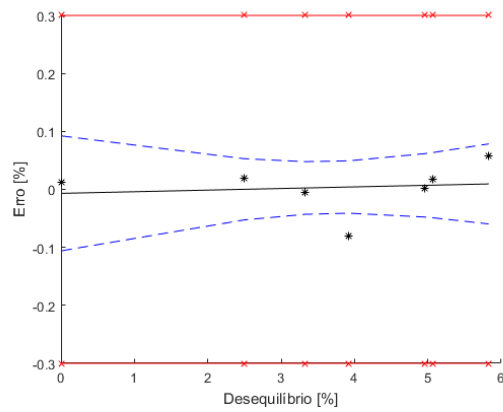


Tabela D.22: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.00	-0.0038	5	2.5706	0.0480	0.3000	Conforme
1.5300	1.53	0.0039	5	2.5706	0.0338	0.3000	Conforme
3.3600	3.34	0.0131	6	2.4469	0.0229	0.3000	Conforme
4.5500	4.52	0.0191	5	2.5706	0.0262	0.3000	Conforme
4.9400	4.95	0.0211	5	2.5706	0.0284	0.3000	Conforme
5.0500	5.05	0.0216	5	2.5706	0.0291	0.3000	Conforme
5.8300	5.77	0.0256	5	2.5706	0.0350	0.3000	Conforme

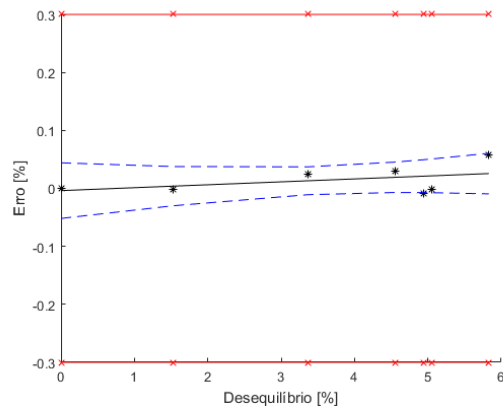


Tabela D.23: Desequilíbrio de Tensão Condição 2- Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.00	0.0153	5	2.5706	0.0485	0.3000	Conforme
2.5200	2.47	0.0226	5	2.5706	0.0263	0.3000	Conforme
3.3700	3.34	0.0250	6	2.4469	0.0217	0.3000	Conforme
4.0300	4.00	0.0269	6	2.4469	0.0218	0.3000	Conforme
4.9700	4.95	0.0297	5	2.5706	0.0271	0.3000	Conforme
5.0500	5.05	0.0299	5	2.5706	0.0276	0.3000	Conforme
5.8200	5.77	0.0321	5	2.5706	0.0336	0.3000	Conforme

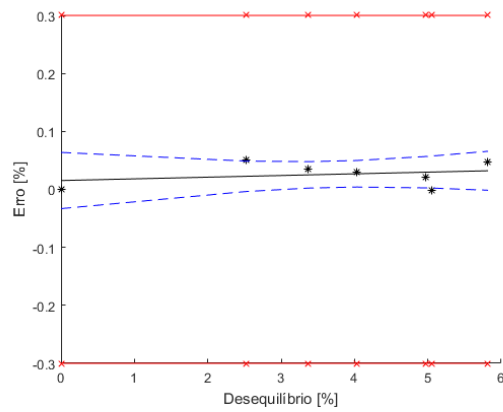


Tabela D.24: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0200	0.00	0.0340	5	2.5706	0.0668	0.3000	Conforme
1.5600	1.53	0.0299	5	2.5706	0.0466	0.3000	Conforme
3.4100	3.34	0.0249	5	2.5706	0.0327	0.3000	Conforme
4.5500	4.52	0.0219	5	2.5706	0.0358	0.3000	Conforme
4.9200	4.95	0.0209	5	2.5706	0.0388	0.3000	Conforme
5.0700	5.05	0.0205	5	2.5706	0.0401	0.3000	Conforme
5.8000	5.77	0.0185	5	2.5706	0.0480	0.3000	Conforme

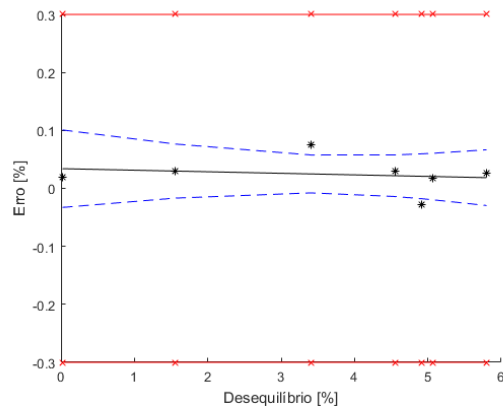


Tabela D.25: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0100	0.00	0.0609	5	2.5706	0.1676	0.3000	Conforme
2.6500	2.47	0.0796	5	2.5706	0.0861	0.3000	Conforme
3.4500	3.34	0.0853	5	2.5706	0.0750	0.3000	Conforme
4.0900	4.00	0.0898	5	2.5706	0.0754	0.3000	Conforme
5.0300	5.05	0.0965	5	2.5706	0.0904	0.3000	Conforme
5.0500	4.95	0.0966	5	2.5706	0.0909	0.3000	Conforme
5.9100	5.77	0.1027	5	2.5706	0.1145	0.3000	Conforme

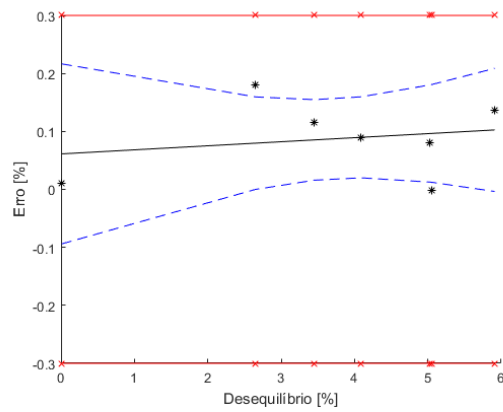
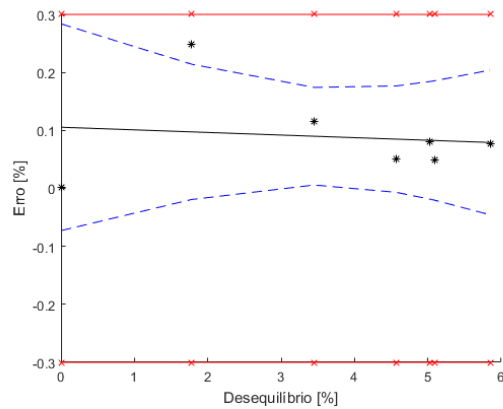


Tabela D.26: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0020	0.00	0.1055	5	2.5706	0.1782	0.3000	Conforme
1.7800	1.53	0.0975	5	2.5706	0.1166	0.3000	Conforme
3.4500	3.34	0.0900	5	2.5706	0.0842	0.3000	Conforme
4.5700	4.52	0.0849	5	2.5706	0.0918	0.3000	Conforme
5.0300	4.95	0.0829	5	2.5706	0.1015	0.3000	Conforme
5.1000	5.05	0.0826	5	2.5706	0.1032	0.3000	Conforme
5.8500	5.77	0.0792	5	2.5706	0.1248	0.3000	Conforme



D.1.6 Tensões Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a distorção harmônica total (DHT) a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.27: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[Hz]			[V]	[V]	
2.0240	2.00	0.0244	7	2.3646	0.0802	0.3000	Conforme
4.0240	4.00	0.0504	7	2.3646	0.0608	0.4024	Conforme
5.0150	5.00	0.0633	7	2.3646	0.0588	0.5015	Conforme
10.2460	10.00	0.1314	7	2.3646	0.1201	1.0246	Conforme
7.0590	7.00	0.0899	7	2.3646	0.0728	0.7059	Conforme
8.0800	8.00	0.1032	7	2.3646	0.0860	0.8080	Conforme
4.9500	5.00	0.0624	7	2.3646	0.0588	0.4950	Conforme
1.0750	1.00	0.0120	7	2.3646	0.0936	0.3000	Conforme
1.0760	1.00	0.0120	7	2.3646	0.0936	0.3000	Conforme

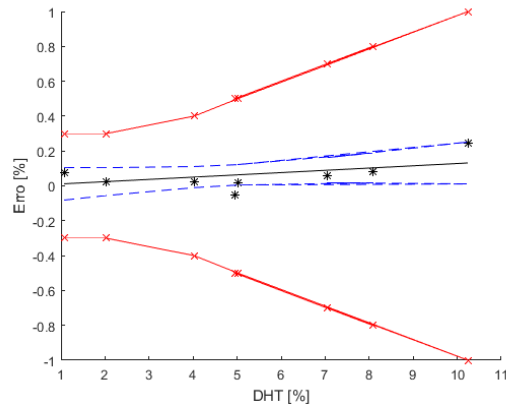


Tabela D.28: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0300	2.00	0.0524	8	2.3060	0.0243	0.3000	Conforme
3.9720	4.00	-0.0104	9	2.2622	0.0185	0.3972	Conforme
4.9490	5.00	-0.0420	9	2.2622	0.0180	0.4949	Conforme
9.7830	10.00	-0.1983	7	2.3646	0.0358	0.9783	Conforme
6.9130	7.00	-0.1055	8	2.3060	0.0223	0.6913	Conforme
7.8630	8.00	-0.1362	8	2.3060	0.0260	0.7863	Conforme
4.9990	5.00	-0.0436	9	2.2622	0.0180	0.4999	Conforme
1.0880	1.00	0.0828	7	2.3646	0.0290	0.3000	Conforme
1.0850	1.00	0.0829	7	2.3646	0.0290	0.3000	Conforme

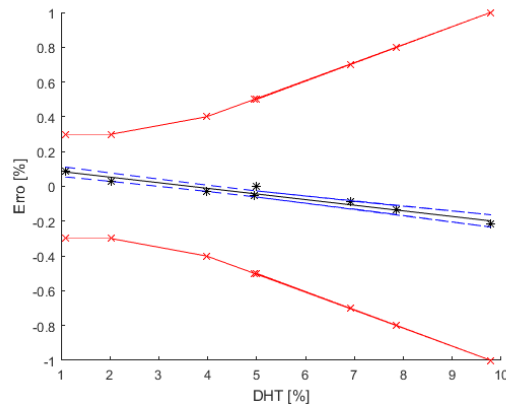


Tabela D.29: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.1000	2.00	0.0677	8	2.3060	0.0214	0.3000	Conforme
4.0000	4.00	0.0166	9	2.2622	0.0165	0.4000	Conforme
4.9860	5.00	-0.0099	10	2.2281	0.0158	0.4986	Conforme
9.8400	10.00	-0.1406	7	2.3646	0.0316	0.9840	Conforme
6.9540	7.00	-0.0629	8	2.3060	0.0198	0.6954	Conforme
7.9190	8.00	-0.0889	8	2.3060	0.0230	0.7919	Conforme
5.0020	5.00	-0.0104	10	2.2281	0.0158	0.5002	Conforme
1.0810	1.00	0.0952	8	2.3060	0.0251	0.3000	Conforme
1.0800	1.0000	0.0952	8	2.3060	0.0251	0.3000	Conforme

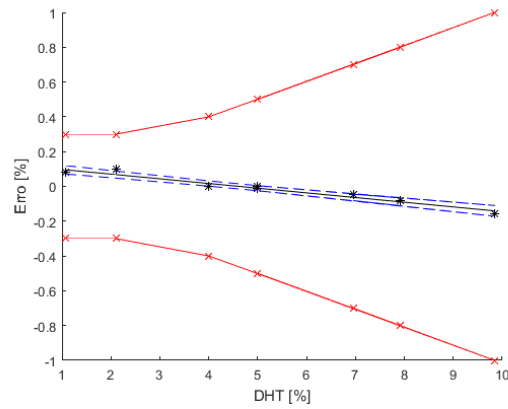


Tabela D.30: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0600	2.00	-0.0120	7	2.3646	0.0941	0.3000	Conforme
4.0800	4.00	0.0372	7	2.3646	0.0718	0.4080	Conforme
4.9900	5.00	0.0594	7	2.3646	0.0698	0.4990	Conforme
10.3200	10.00	0.1892	7	2.3646	0.1431	1.0320	Conforme
7.0500	7.00	0.1096	7	2.3646	0.0861	0.7050	Conforme
8.1000	8.00	0.1351	7	2.3646	0.1020	0.8100	Conforme
4.9200	5.00	0.0577	7	2.3646	0.0697	0.4920	Conforme
0.9900	1.00	-0.0381	7	2.3646	0.1119	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	-0.0381	7	2.3646	0.1119	0.3000	Conforme

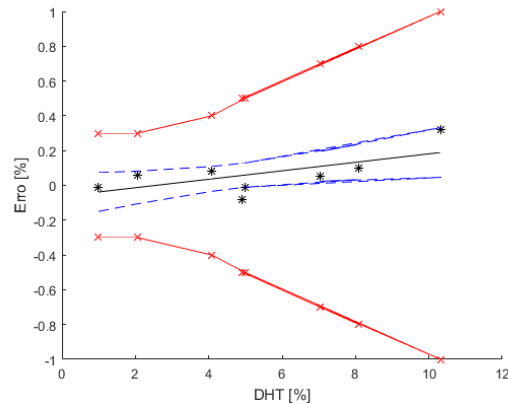


Tabela D.31: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9300	2.00	-0.0290	7	2.3646	0.0486	0.3000	Conforme
3.8900	4.00	-0.0772	7	2.3646	0.0369	0.3890	Conforme
4.9200	5.00	-0.1025	7	2.3646	0.0357	0.4920	Conforme
9.7300	10.00	-0.2209	7	2.3646	0.0705	0.9730	Conforme
6.8800	7.00	-0.1508	7	2.3646	0.0444	0.6880	Conforme
7.8200	8.00	-0.1739	7	2.3646	0.0519	0.7820	Conforme
4.9800	5.00	-0.1040	7	2.3646	0.0358	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	-0.0059	7	2.3646	0.0570	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	-0.0059	7	2.3646	0.0570	0.3000	Conforme

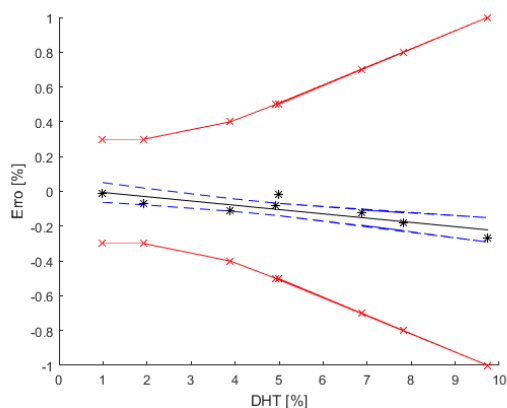


Tabela D.32: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9700	2.00	-0.0085	7	2.3646	0.0692	0.3000	Conforme
3.9400	4.00	-0.0333	7	2.3646	0.0524	0.3940	Conforme
4.9700	5.00	-0.0463	7	2.3646	0.0508	0.4970	Conforme
9.7900	10.00	-0.1070	7	2.3646	0.1001	0.9790	Conforme
7.0500	7.00	-0.0725	7	2.3646	0.0642	0.7050	Conforme
7.9300	8.00	-0.0835	7	2.3646	0.0744	0.7930	Conforme
4.9800	5.00	-0.0464	7	2.3646	0.0508	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	0.0038	7	2.3646	0.0815	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0038	7	2.3646	0.0815	0.3000	Conforme

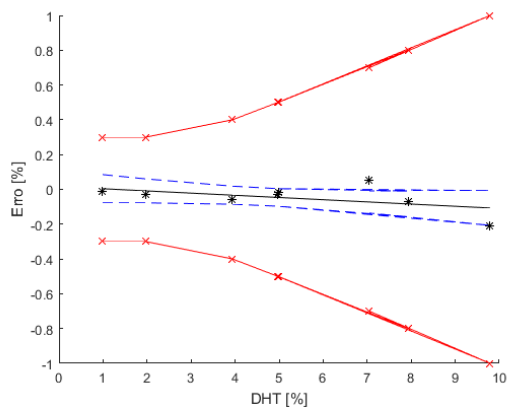


Tabela D.33: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
2.0400	2.00	0.0068	7	2.3646	0.0486	0.3000	Conforme
4.0100	4.00	-0.0029	7	2.3646	0.0372	0.4010	Conforme
5.0000	5.00	-0.0078	7	2.3646	0.0361	0.5000	Conforme
9.9000	10.00	-0.0319	7	2.3646	0.0711	0.9900	Conforme
7.0200	7.00	-0.0177	7	2.3646	0.0450	0.7020	Conforme
8.0400	8.00	-0.0227	7	2.3646	0.0532	0.8040	Conforme
4.9500	5.00	-0.0075	7	2.3646	0.0361	0.4950	Conforme
0.9900	1.00	0.0119	7	2.3646	0.0578	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0119	7	2.3646	0.0578	0.3000	Conforme

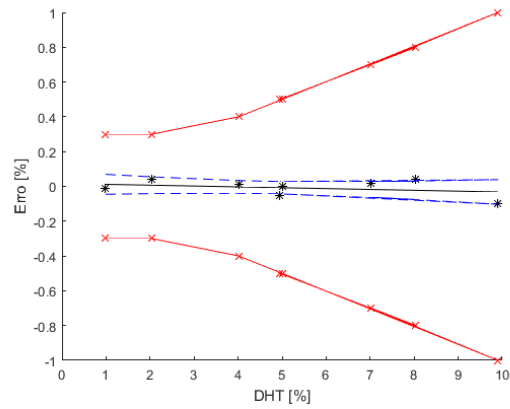


Tabela D.34: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9700	2.00	-0.0317	7	2.3646	0.0758	0.3000	Conforme
3.9600	4.00	-0.0194	7	2.3646	0.0576	0.3960	Conforme
4.9500	5.00	-0.0133	7	2.3646	0.0557	0.4950	Conforme
10.1500	10.00	0.0189	7	2.3646	0.1139	1.0150	Conforme
6.9400	7.00	-0.0010	7	2.3646	0.0686	0.6940	Conforme
7.9100	8.00	0.0050	7	2.3646	0.0804	0.7910	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

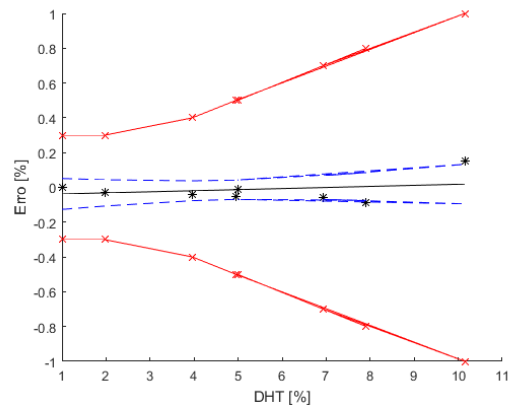


Tabela D.35: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.9800	2.00	0.0006	7	2.3646	0.0354	0.3000	Conforme
3.9900	4.00	-0.0192	7	2.3646	0.0270	0.3990	Conforme
4.9800	5.00	-0.0289	8	2.3060	0.0257	0.4980	Conforme
9.8700	10.00	-0.0771	7	2.3646	0.0513	0.9870	Conforme
6.9800	7.00	-0.0486	7	2.3646	0.0325	0.6980	Conforme
7.9500	8.00	-0.0582	7	2.3646	0.0380	0.7950	Conforme
5.0200	5.00	-0.0293	8	2.3060	0.0257	0.5020	Conforme
1.0000	1.00	0.0103	7	2.3646	0.0416	0.3000	Conforme
0.9900	1.00	0.0104	7	2.3646	0.0417	0.3000	Conforme

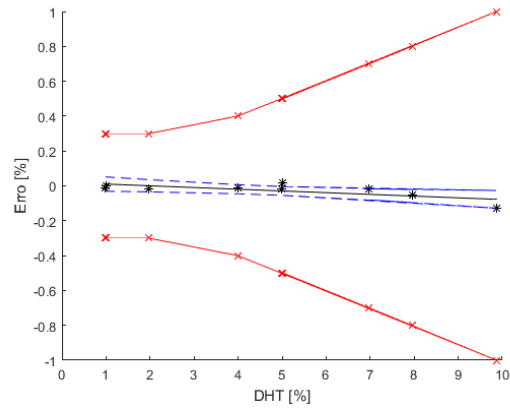


Tabela D.36: Tensão Harmônica Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.7100	0.70	-0.0229	3	2.7764	0.2461	0.3000	Conforme
2.7200	2.66	0.0064	3	2.7764	0.1850	0.3000	Conforme
4.6900	4.66	0.0352	3	2.7764	0.1459	0.4690	Conforme
6.6200	6.66	0.0634	3	2.7764	0.1446	0.6620	Conforme
8.6000	8.65	0.0923	3	2.7764	0.1822	0.8600	Conforme
10.9400	10.65	0.1265	3	2.7764	0.2535	1.0940	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

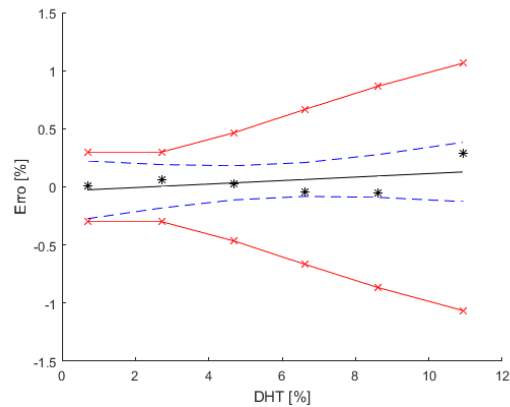


Tabela D.37: Tensão Harmônica Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6700	0.70	-0.0157	3	2.7764	0.1053	0.3000	Conforme
2.5900	2.66	-0.0152	3	2.7764	0.0796	0.3000	Conforme
4.5700	4.66	-0.0868	3	2.7764	0.0623	0.4570	Conforme
6.5800	6.66	-0.1235	3	2.7764	0.0625	0.6580	Conforme
8.5500	8.65	-0.1594	3	2.7764	0.0799	0.8550	Conforme
10.3900	10.65	-0.1929	3	2.7764	0.1045	1.0390	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme

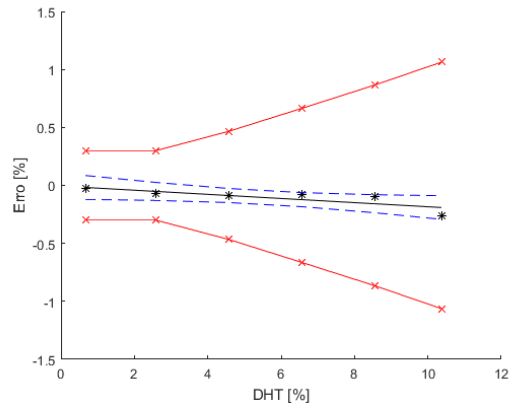
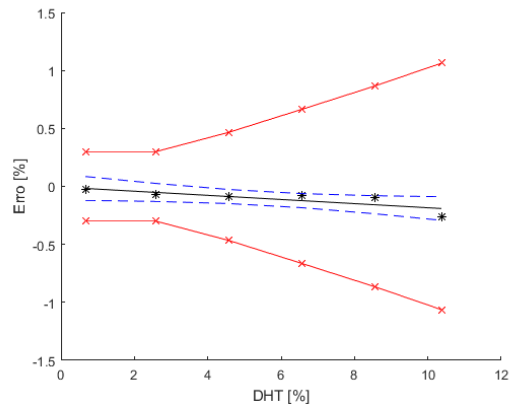


Tabela D.38: Tensão Harmônica Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6700	0.70	-0.0157	3	2.7764	0.1053	0.3000	Conforme
2.5900	2.66	-0.0152	3	2.7764	0.0796	0.3000	Conforme
4.5700	4.66	-0.0868	3	2.7764	0.0623	0.4570	Conforme
6.5800	6.66	-0.1235	3	2.7764	0.0625	0.6580	Conforme
8.5500	8.65	-0.1594	3	2.7764	0.0799	0.8550	Conforme
10.3900	10.65	-0.1929	3	2.7764	0.1045	1.0390	Conforme
4.9900	5.00	-0.0130	7	2.3646	0.0558	0.4990	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme
1.0000	1.00	-0.0377	7	2.3646	0.0890	0.3000	Conforme



D.1.7 Tensões Inter-Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações de inter-harmônicas a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.39: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9500	5.00	-0.0424	6	2.4469	0.0127	0.4950	Conforme
9.9200	10.00	-0.0812	3	3.1824	0.0283	0.9920	Conforme
4.9500	5.00	-0.0424	6	2.4469	0.0127	0.4950	Conforme
4.9700	5.00	-0.0425	6	2.4469	0.0127	0.4970	Conforme
0.9900	1.00	-0.0115	3	3.1824	0.0260	0.3000	Conforme

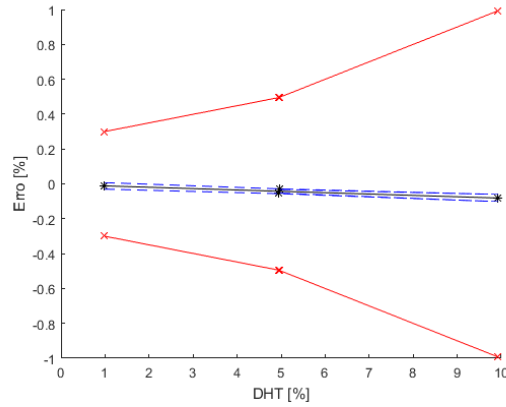


Tabela D.40: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9600	5.00	-0.0402	9	2.2622	0.0099	0.4960	Conforme
9.9100	10.00	-0.0852	4	2.7764	0.0196	0.9910	Conforme
4.9600	5.00	-0.0402	9	2.2622	0.0099	0.4960	Conforme
4.9700	5.00	-0.0403	9	2.2622	0.0099	0.4970	Conforme
0.9900	1.00	-0.0041	4	2.7764	0.0182	0.3000	Conforme

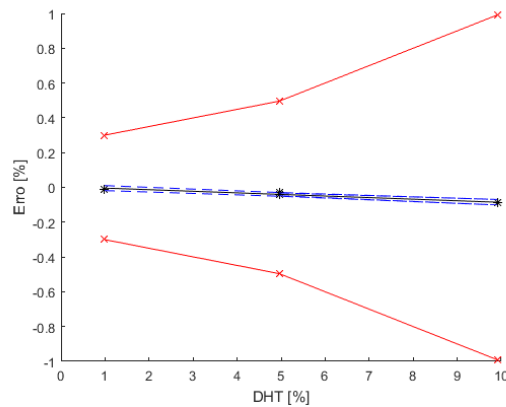


Tabela D.41: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9600	5.00	-0.0364	5	2.5706	0.0144	0.4960	Conforme
9.9200	10.00	-0.0758	3	3.1824	0.0312	0.9920	Conforme
4.9600	5.00	-0.0364	5	2.5706	0.0144	0.4960	Conforme
4.9800	5.00	-0.0366	5	2.5706	0.0144	0.4980	Conforme
0.9900	1.00	-0.0048	3	3.1824	0.0286	0.3000	Conforme

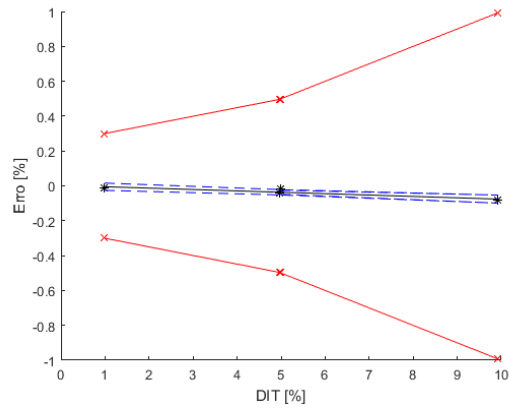


Tabela D.42: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9300	5.00	-0.0622	4	2.7764	0.0197	0.4930	Conforme
9.9000	10.00	-0.1059	3	3.1824	0.0412	0.9900	Conforme
4.9500	5.00	-0.0624	4	2.7764	0.0197	0.4950	Conforme
4.9200	5.00	-0.0621	4	2.7764	0.0197	0.4920	Conforme
0.9800	1.00	-0.0275	3	3.1824	0.0376	0.3000	Conforme

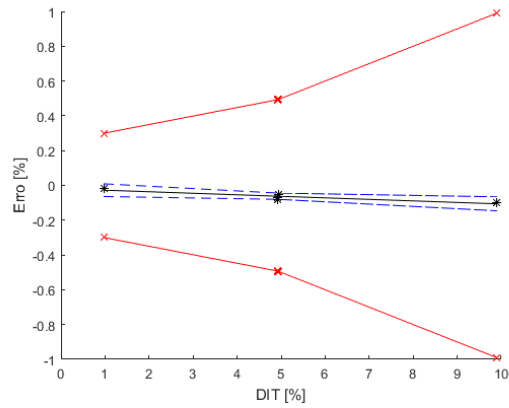


Tabela D.43: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.8000	5.00	-0.0852	3	3.1824	0.1082	0.4800	Conforme
9.8900	10.00	-0.1311	3	3.1824	0.2105	0.9890	Conforme
4.9600	5.00	-0.0866	3	3.1824	0.1077	0.4960	Conforme
4.9300	5.00	-0.0864	3	3.1824	0.1078	0.4930	Conforme
0.9800	1.00	-0.0507	3	3.1824	0.1899	0.3000	Conforme

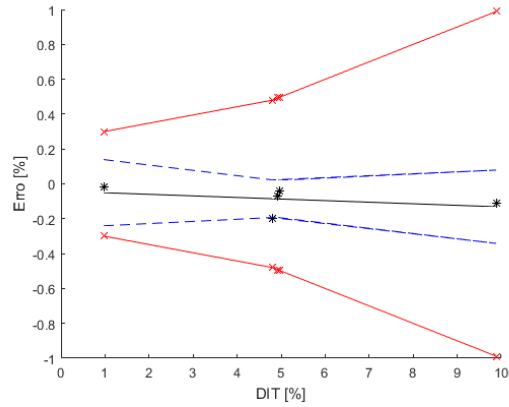


Tabela D.44: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.8800	5.00	-0.0624	3	3.1824	0.0540	0.4880	Conforme
9.9200	10.00	-0.0937	3	3.1824	0.1043	0.9920	Conforme
4.9500	5.00	-0.0628	3	3.1824	0.0539	0.4950	Conforme
4.9500	5.00	-0.0628	3	3.1824	0.0539	0.4950	Conforme
0.9800	1.00	-0.0382	3	3.1824	0.0945	0.3000	Conforme

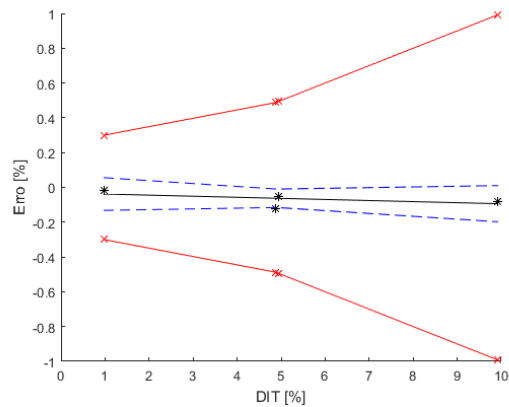


Tabela D.45: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9300	5.00	0.0021	3	3.1824	0.1028	0.4930	Conforme
9.9500	10.00	-0.0369	3	3.1824	0.1991	0.9950	Conforme
5.0000	5.00	0.0016	3	3.1824	0.1025	0.5000	Conforme
5.1000	5.00	0.0008	3	3.1824	0.1024	0.5100	Conforme
1.0200	1.00	0.0325	3	3.1824	0.1818	0.3000	Conforme

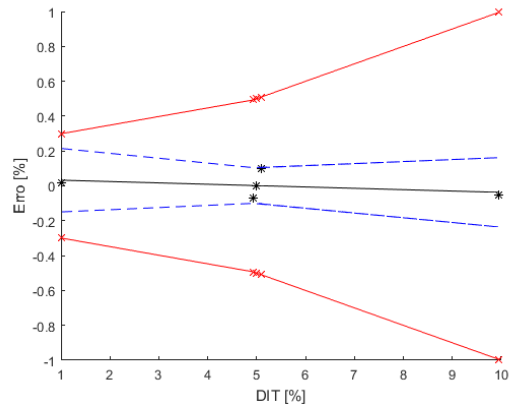


Tabela D.46: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9000	5.00	-0.0470	3	3.1824	0.1003	0.4900	Conforme
9.8500	10.00	-0.1465	3	3.1824	0.1947	0.9850	Conforme
4.9100	5.00	-0.0472	3	3.1824	0.1003	0.4910	Conforme
5.0500	5.00	-0.0500	3	3.1824	0.1000	0.5050	Conforme
1.0300	1.00	0.0307	3	3.1824	0.1772	0.3000	Conforme

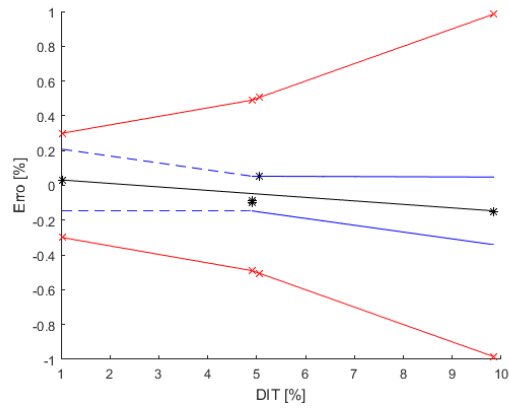
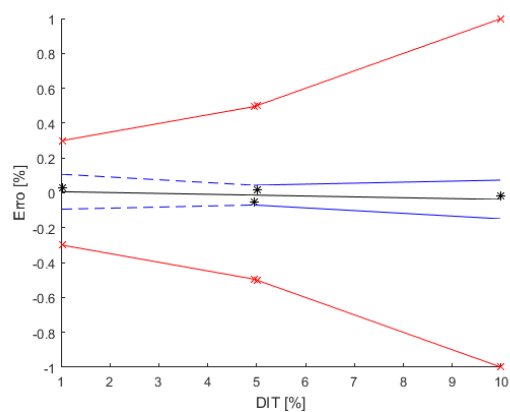


Tabela D.47: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
4.9500	5.00	-0.0128	3	3.1824	0.0574	0.4950	Conforme
9.9800	10.00	-0.0378	3	3.1824	0.1112	0.9980	Conforme
4.9500	5.00	-0.0128	3	3.1824	0.0574	0.4950	Conforme
5.0200	5.00	-0.0132	3	3.1824	0.0573	0.5020	Conforme
1.0300	1.00	0.0066	3	3.1824	0.1005	0.3000	Conforme



D.1.8 VTCD

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA ao registrar um afundamento indica a amplitude e a duração da mesmo?	Conforme	Sem Observações
O IMA ao registrar uma elevação indica a amplitude e a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA ao registrar uma interrupção indica a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.48: Amplitude do Afundamento - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
17.950	18.000	-0.0517	6.0000	2.4469	0.0357	1.27	Conforme
29.950	30.000	-0.0548	6.0000	2.4469	0.0292	1.27	Conforme
41.950	42.000	-0.0579	7.0000	2.3646	0.0232	1.27	Conforme
53.930	54.000	-0.0610	7.0000	2.3646	0.0202	1.27	Conforme
65.900	66.000	-0.0640	7.0000	2.3646	0.0202	1.27	Conforme
77.950	78.000	-0.0671	7.0000	2.3646	0.0232	1.27	Conforme
89.960	90.000	-0.0702	6.0000	2.4469	0.0293	1.27	Conforme
101.910	102.000	-0.0733	6.0000	2.4469	0.0357	1.27	Conforme

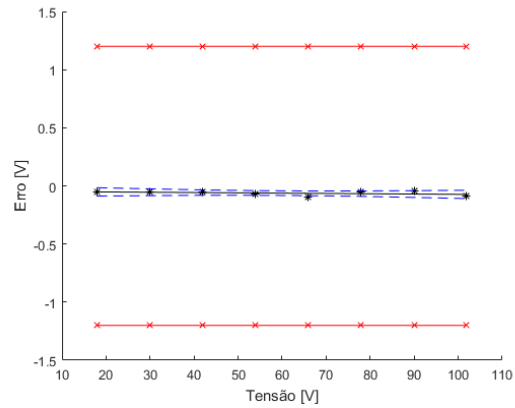


Tabela D.49: Amplitude do Afundamento - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.93	18.00	-0.1075	6.0000	2.4469	0.0536	1.27	Conforme
29.89	30.00	-0.1054	6.0000	2.4469	0.0437	1.27	Conforme
41.85	42.00	-0.1032	6.0000	2.4469	0.0356	1.27	Conforme
53.90	54.00	-0.1011	6.0000	2.4469	0.0306	1.27	Conforme
65.87	66.00	-0.0989	6.0000	2.4469	0.0306	1.27	Conforme
77.93	78.00	-0.0968	6.0000	2.4469	0.0355	1.27	Conforme
89.94	90.00	-0.0946	6.0000	2.4469	0.0437	1.27	Conforme
101.89	102.00	-0.0925	6.0000	2.4469	0.0536	1.27	Conforme

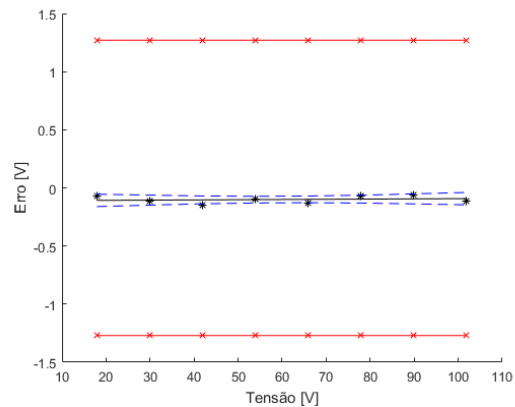


Tabela D.50: Amplitude do Afundamento - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.90	18.00	-0.1117	6.0000	2.4469	0.0558	1.27	Conforme
29.91	30.00	-0.1094	6.0000	2.4469	0.0454	1.27	Conforme
41.89	42.00	-0.1072	6.0000	2.4469	0.0369	1.27	Conforme
53.87	54.00	-0.1049	6.0000	2.4469	0.0318	1.27	Conforme
65.84	66.00	-0.1026	6.0000	2.4469	0.0318	1.27	Conforme
77.92	78.00	-0.1003	6.0000	2.4469	0.0369	1.27	Conforme
89.95	90.00	-0.0980	6.0000	2.4469	0.0455	1.27	Conforme
101.89	102.00	-0.0958	6.0000	2.4469	0.0558	1.27	Conforme

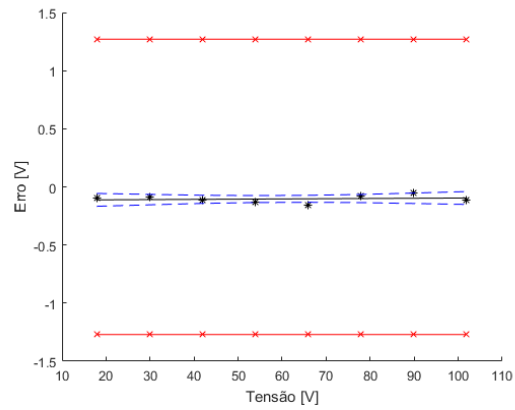


Tabela D.51: Amplitude da Elevação - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.10	132.00	0.1651	8.0000	2.3060	0.0935	1.27	Conforme
136.92	136.80	0.1619	8.0000	2.3060	0.0793	1.27	Conforme
141.90	141.60	0.1587	8.0000	2.3060	0.0664	1.27	Conforme
146.60	146.40	0.1556	8.0000	2.3060	0.0568	1.27	Conforme
151.30	151.20	0.1526	8.0000	2.3060	0.0513	1.27	Conforme
156.15	156.00	0.1494	8.0000	2.3060	0.0512	1.27	Conforme
160.90	160.80	0.1464	8.0000	2.3060	0.0568	1.27	Conforme
165.80	165.60	0.1432	8.0000	2.3060	0.0668	1.27	Conforme

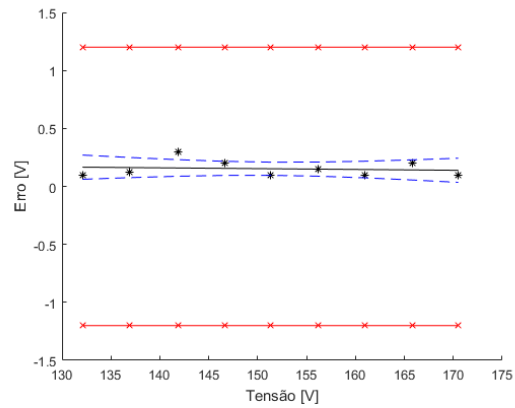


Tabela D.52: Amplitude da Elevação - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.07	132.00	0.0798	8.0000	2.3060	0.0566	1.27	Conforme
136.94	136.80	0.0900	8.0000	2.3060	0.0480	1.27	Conforme
141.70	141.60	0.0999	8.0000	2.3060	0.0406	1.27	Conforme
146.55	146.40	0.1100	8.0000	2.3060	0.0347	1.27	Conforme
151.25	151.20	0.1198	8.0000	2.3060	0.0314	1.27	Conforme
156.10	156.00	0.1300	8.0000	2.3060	0.0314	1.27	Conforme
160.92	160.80	0.1400	8.0000	2.3060	0.0347	1.27	Conforme
165.72	165.60	0.1500	8.0000	2.3060	0.0406	1.27	Conforme

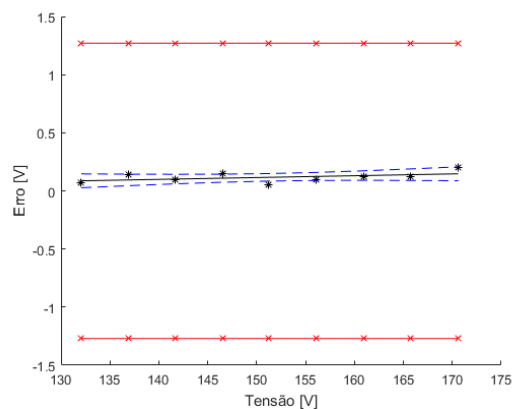


Tabela D.53: Amplitude da Elevação - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.23	132.00	0.1095	8.0000	2.3060	0.1363	1.27	Conforme
136.70	136.80	0.1119	8.0000	2.3060	0.1170	1.27	Conforme
141.76	141.60	0.1146	8.0000	2.3060	0.0976	1.27	Conforme
146.52	146.40	0.1171	8.0000	2.3060	0.0832	1.27	Conforme
151.32	151.20	0.1197	8.0000	2.3060	0.0749	1.27	Conforme
156.25	156.00	0.1224	8.0000	2.3060	0.0751	1.27	Conforme
160.88	160.80	0.1248	8.0000	2.3060	0.0831	1.27	Conforme
165.69	165.60	0.1274	8.0000	2.3060	0.0976	1.27	Conforme

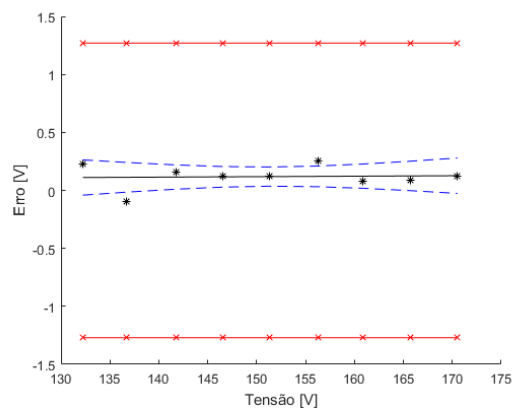


Tabela D.54: Duração do Afundamento - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Ciclos]	[Ciclos]	[Ciclos]			[Ciclos]	[Ciclos]	
1.00	1.00	0.0289	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
1.50	1.50	0.0465	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
2.50	2.50	0.0522	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
10.00	10.00	0.0571	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
30.00	30.00	0.0636	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
150.00	150.00	0.0638	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme

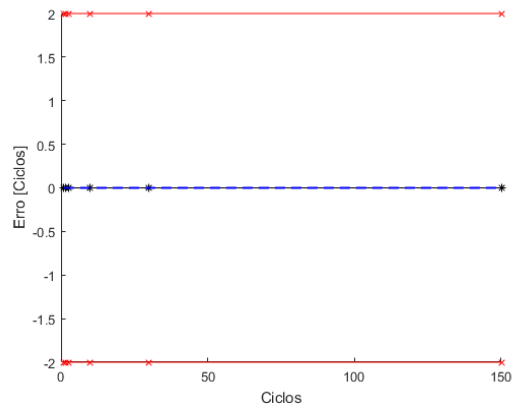


Tabela D.55: Duração da Elevação - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Ciclos]	[Ciclos]	[Ciclos]			[Ciclos]	[Ciclos]	
1.00	1.00	0.0289	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
1.50	1.50	0.0465	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
2.50	2.50	0.0522	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
10.00	10.00	0.0571	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
30.00	30.00	0.0636	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme
150.00	150.00	0.0638	100000	1.9600	0.0001	2	Conforme

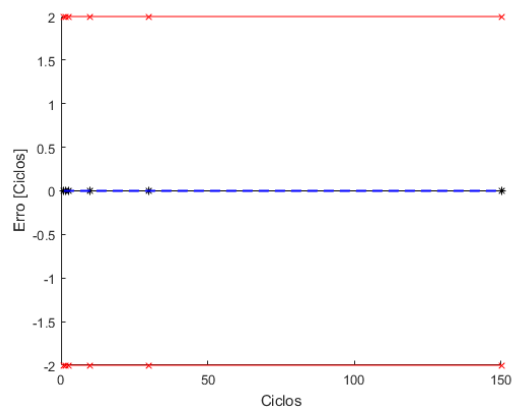
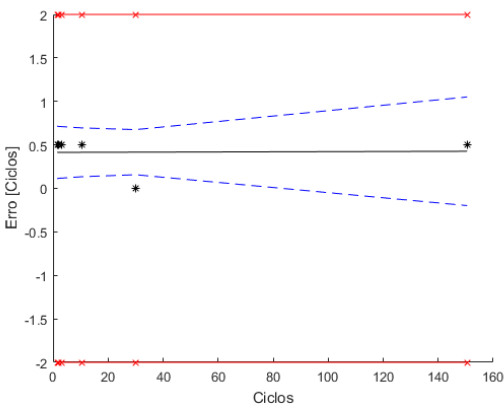


Tabela D.56: Duração da Interrupção

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Ciclos]	[Ciclos]	[Ciclos]			[Ciclos]	[Ciclos]	
1.5000	1.0000	0.4140	4.00	2.7764	0.3000	2.00	Conforme
2.0000	1.5000	0.4140	4.00	2.7764	0.2988	2.00	Conforme
3.0000	2.5000	0.4141	4.00	2.7764	0.2964	2.00	Conforme
10.5000	10.0000	0.4148	4.00	2.7764	0.2805	2.00	Conforme
30.0000	30.0000	0.4164	4.00	2.7764	0.2591	2.00	Conforme
150.5000	150.00	0.4267	4	2.7764	1.0511	2.00	Conforme



D.2 Instrumento 2

D.2.1 Laudo Geral

A Tabela D.57 apresenta o laudo final do instrumento identificado, com base na metodologia anteriormente descrita. O detalhamento dos resultados nos Testes de Desempenho Funcional dos Instrumentos de Medição da Qualidade da Energia Elétrica é exibido nas paginas posteriores.

Tabela D.57: Laudo do Instrumento 2

Grandezas	Laudo
	Instrumento 2
Frequência Elétrica	Conforme
Magnitude da Tensão	Conforme
Flutuação de Tensão	Conforme
Desequilíbrio de Tensão	Conforme
Tensões Harmônicas	Conforme
Tensões Inter-Harmônicas	Conforme
Amplitude do Afundamento	Conforme
Amplitude da Elevação	Conforme
Duração do Afundamento	Conforme
Duração da Elevação	Conforme
Duração da interrupção	Não Conforme

D.2.2 Frequência

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações de frequência a cada 10 s do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Atenuação de harmônicas	60,00	60,00	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.58: Frequência Condição 1

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

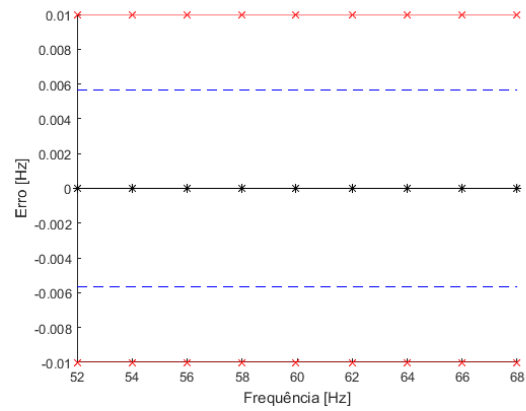


Tabela D.59: Frequência Condição 2

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

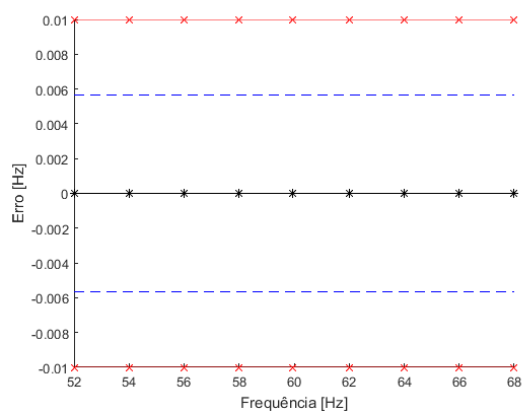


Tabela D.60: Frequência Condição 3

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
52.00	52.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
54.00	54.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
66.00	66.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
68.00	68.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme

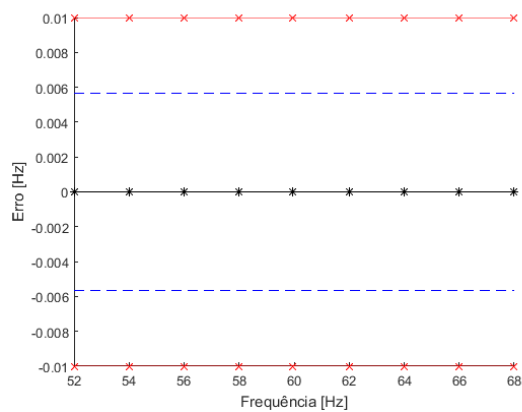
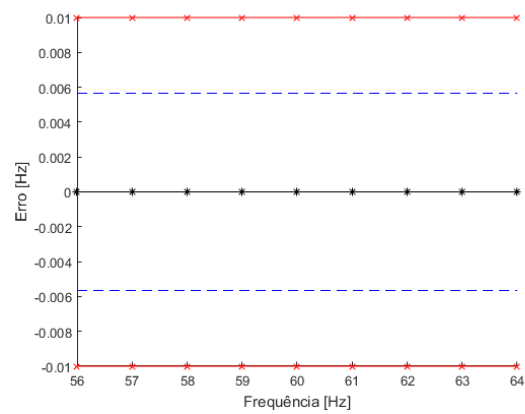


Tabela D.61: Frequência Variável

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
56.00	56.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
57.00	57.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
58.00	58.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
59.00	59.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
60.00	60.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
61.00	61.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
62.00	62.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
63.00	63.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme
64.00	64.00	0.0000	100000	1.9600	0.0057	0.0057	Conforme



D.2.3 Magnitude da Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 12 ciclos, conforme o item 4.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações da magnitude da tensão a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 1	169.62	169.73	Conforme	Sem Observações
Valor eficaz verdadeiro - sinal 2	119.08	120.17	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.62: Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
12.0000	12.00	0.0086	22	2.0739	0.0094	0.1200	Conforme
53.9800	54.00	-0.0086	51	2.0076	0.0074	0.1200	Conforme
95.9700	96.00	-0.0258	46	2.0129	0.0076	0.1200	Conforme
137.9600	138.00	-0.0430	20	2.0860	0.0098	0.1200	Conforme
179.9500	180.00	-0.0602	13	2.1604	0.0131	0.1200	Conforme

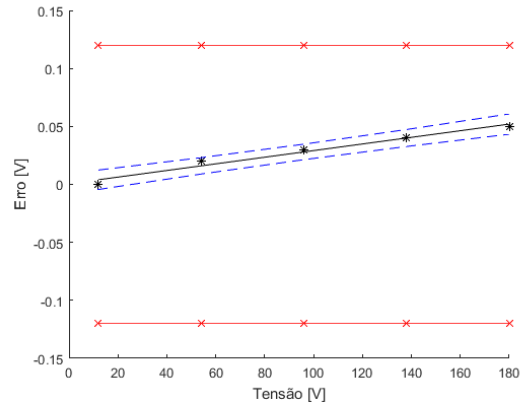


Tabela D.63: Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
12.0000	12.00	-0.0060	5	2.5706	0.0146	0.1200	Conforme
53.9800	54.00	-0.0160	8	2.3060	0.0104	0.1200	Conforme
95.9700	96.00	-0.0260	12	2.1788	0.0088	0.1200	Conforme
137.9600	138.00	-0.0360	8	2.3060	0.0104	0.1200	Conforme
179.9600	180.00	-0.0460	5	2.5706	0.0146	0.1200	Conforme

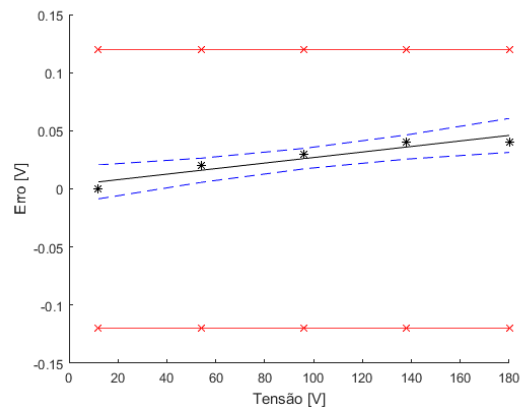


Tabela D.64: Magnitude de Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
12.0000	12.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.1200	Conforme
53.9800	54.00	-0.0160	28	2.0484	0.0072	0.1200	Conforme
95.9700	96.00	-0.0280	51	2.0076	0.0067	0.1200	Conforme
137.9600	138.00	-0.0400	28	2.0484	0.0072	0.1200	Conforme
179.9500	180.00	-0.0520	12	2.1788	0.0088	0.1200	Conforme

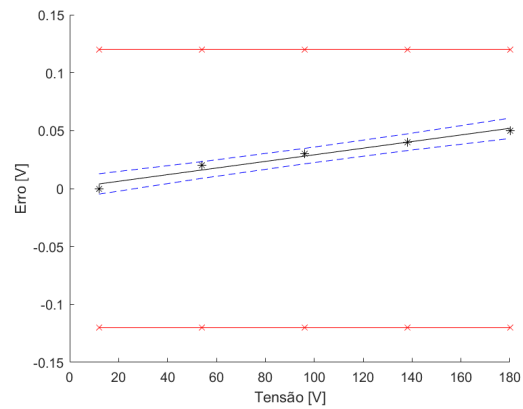


Tabela D.65: Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.3400	17.31	0.0549	3	3.1824	0.1181	0.1200	Não Conforme
77.9200	77.89	0.0349	3	3.1824	0.0838	0.1200	Conforme
138.5200	138.47	0.0149	3	3.1824	0.0686	0.1200	Conforme
199.1000	199.06	-0.0051	3	3.1824	0.0838	0.1200	Conforme
259.5600	259.64	-0.0251	3	3.1824	0.1181	0.1200	Não Conforme

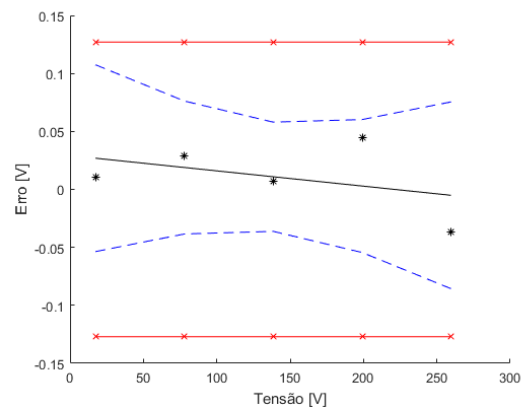


Tabela D.66: Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.9900	18.97	0.0189	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme
85.3800	85.36	0.0271	5	2.5706	0.0155	0.1200	Conforme
151.7900	151.75	0.0353	6	2.4469	0.0127	0.1200	Conforme
218.2000	218.14	0.0435	5	2.5706	0.0155	0.1200	Conforme
284.5800	284.54	0.0517	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme

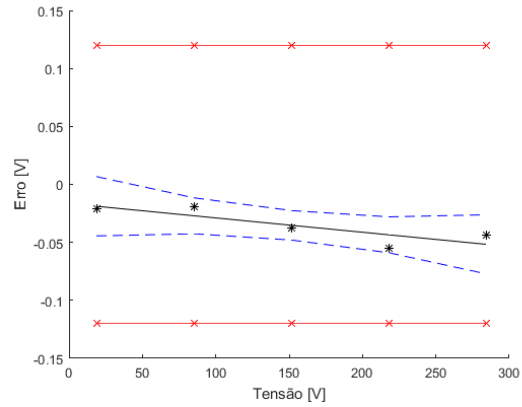


Tabela D.67: Magnitude de Tensão Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
20.6500	20.63	0.0189	3	3.1824	0.0372	0.1200	Conforme
92.8500	92.83	0.0293	3	3.1824	0.0271	0.1200	Conforme
165.0900	165.03	0.0397	4	2.7764	0.0198	0.1200	Conforme
237.2700	237.23	0.0501	3	3.1824	0.0271	0.1200	Conforme
309.5000	309.44	0.0605	3	3.1824	0.0372	0.1200	Conforme

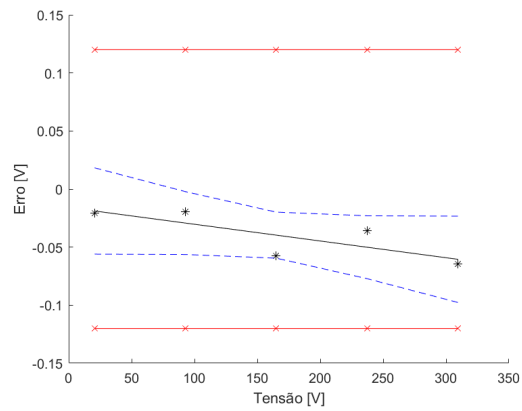


Tabela D.68: Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.3500	17.31	0.0269	3	3.1824	0.0349	0.1200	Conforme
77.9200	77.89	0.0389	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme
138.5100	138.47	0.0509	4	2.7764	0.0188	0.1200	Conforme
199.1200	199.06	0.0629	3	3.1824	0.0255	0.1200	Conforme
259.7200	259.64	0.0749	3	3.1824	0.0349	0.1200	Conforme

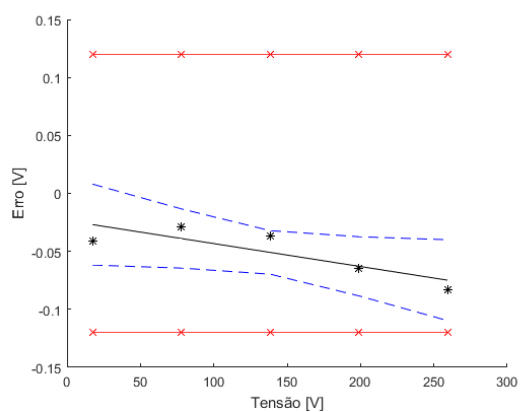


Tabela D.69: Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
15.9800	15.94	0.0163	3	3.1824	0.0509	0.1200	Conforme
71.7400	71.74	0.0223	3	3.1824	0.0366	0.1200	Conforme
127.5500	127.53	0.0282	3	3.1824	0.0304	0.1200	Conforme
183.3600	183.33	0.0342	3	3.1824	0.0366	0.1200	Conforme
239.1800	239.13	0.0402	3	3.1824	0.0510	0.1200	Conforme

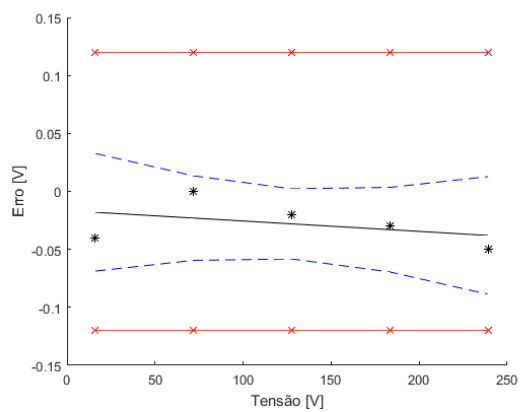


Tabela D.70: Magnitude de Tensão Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
14.6100	14.58	0.0140	3	3.1824	0.0460	0.1200	Conforme
65.6000	65.59	0.0279	3	3.1824	0.0332	0.1200	Conforme
116.6400	116.61	0.0418	3	3.1824	0.0276	0.1200	Conforme
167.6800	167.62	0.0557	3	3.1824	0.0331	0.1200	Conforme
218.7200	218.64	0.0696	3	3.1824	0.0460	0.1200	Conforme

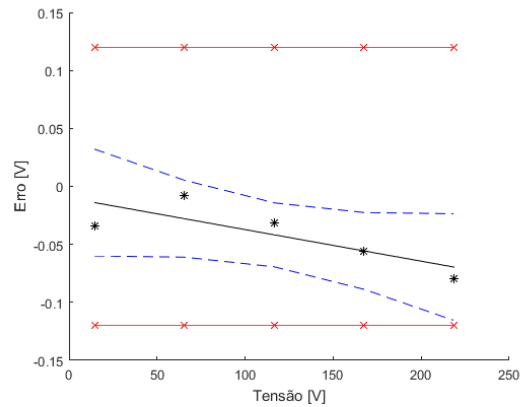


Tabela D.71: Magnitude de Tensão Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.8000	17.79	-0.0107	2	2.2622	0.0221	0.1200	Conforme
41.6800	41.71	-0.0239	2	2.2281	0.0176	0.1200	Conforme
65.6600	65.68	-0.0372	2	2.1788	0.0139	0.1200	Conforme
77.6200	77.67	-0.0438	2	2.1604	0.0126	0.1200	Conforme
92.0000	92.07	-0.0518	2	2.1314	0.0118	0.1200	Conforme
107.6000	107.67	-0.0605	2	2.1448	0.0120	0.1200	Conforme
119.5800	119.66	-0.0671	2	2.1604	0.0128	0.1200	Conforme
131.5800	131.66	-0.0738	2	2.1788	0.0141	0.1200	Conforme
149.5800	149.66	-0.0838	2	2.2281	0.0170	0.1200	Conforme
173.5800	173.66	-0.0971	2	2.2622	0.0214	0.1200	Conforme

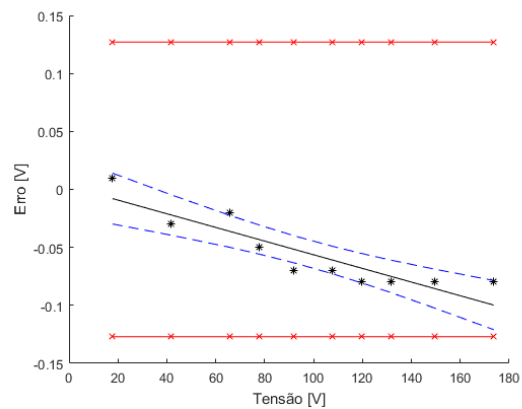


Tabela D.72: Magnitude de Tensão Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.8000	17.79	-0.0025	2	2.2622	0.0206	0.1200	Conforme
41.7000	41.71	-0.0140	2	2.2010	0.0163	0.1200	Conforme
65.6600	65.68	-0.0256	2	2.1604	0.0130	0.1200	Conforme
77.6400	77.67	-0.0313	2	2.1314	0.0118	0.1200	Conforme
92.0200	92.07	-0.0382	2	2.1199	0.0111	0.1200	Conforme
107.6200	107.67	-0.0457	2	2.1199	0.0112	0.1200	Conforme
119.6000	119.66	-0.0515	2	2.1448	0.0120	0.1200	Conforme
131.5800	131.66	-0.0573	2	2.1604	0.0132	0.1200	Conforme
149.6000	149.66	-0.0659	2	2.2010	0.0157	0.1200	Conforme
173.6000	173.66	-0.0775	2	2.2281	0.0197	0.1200	Conforme

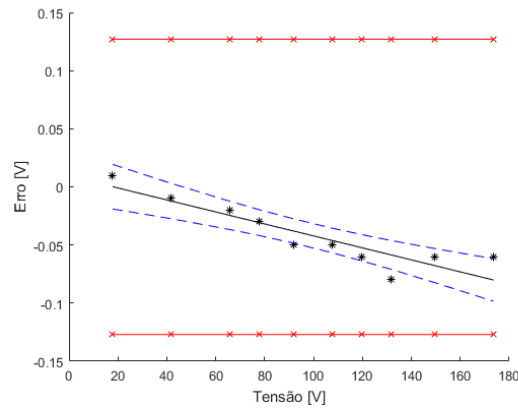
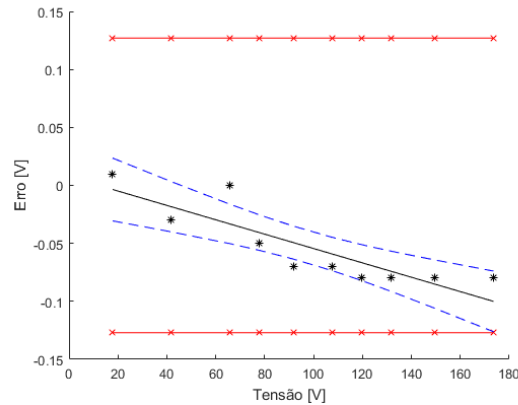


Tabela D.73: Magnitude de Tensão Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
17.8000	17.79	-0.0062	2	2.2622	0.0271	0.1200	Conforme
41.6800	41.71	-0.0202	2	2.2622	0.0217	0.1200	Conforme
65.6800	65.68	-0.0342	2	2.2281	0.0170	0.1200	Conforme
77.6200	77.67	-0.0412	2	2.2010	0.0153	0.1200	Conforme
92.0000	92.07	-0.0496	2	2.1788	0.0142	0.1200	Conforme
107.6000	107.67	-0.0588	2	2.1788	0.0144	0.1200	Conforme
119.5800	119.66	-0.0658	2	2.2010	0.0155	0.1200	Conforme
131.5800	131.66	-0.0728	2	2.2281	0.0173	0.1200	Conforme
149.5800	149.66	-0.0833	2	2.2622	0.0208	0.1200	Conforme
173.5800	173.66	-0.0974	2	2.2622	0.0262	0.1200	Conforme



D.2.4 Flutuação de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações da flutuação - <i>Output 5</i> , conforme a norma IEC 61000-4-15?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Pst a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece indicações do Plt a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.74: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4870	0.5000	-0.0188	8	2.3060	0.0049	0.0244	Conforme
1.4590	1.5000	-0.0403	8	2.3060	0.0042	0.0730	Conforme
2.4340	2.5000	-0.0619	8	2.3060	0.0035	0.1217	Conforme
3.4150	3.5000	-0.0835	8	2.3060	0.0030	0.1708	Conforme
4.3970	4.5000	-0.1052	9	2.2622	0.0027	0.2199	Conforme
5.3710	5.5000	-0.1268	9	2.2622	0.0027	0.2686	Conforme
6.3490	6.5000	-0.1484	8	2.3060	0.0030	0.3175	Conforme
7.3290	7.5000	-0.1700	8	2.3060	0.0035	0.3665	Conforme
8.3070	8.5000	-0.1917	8	2.3060	0.0042	0.4154	Conforme
9.2920	9.5000	-0.2134	8	2.3060	0.0049	0.4646	Conforme

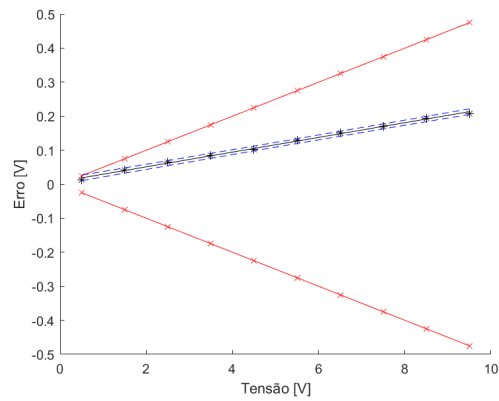


Tabela D.75: Flutuação de Tensão Condição 1- Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4850	0.5000	-0.0211	8	2.3060	0.0053	0.0243	Conforme
1.4560	1.5000	-0.0424	8	2.3060	0.0045	0.0728	Conforme
2.4300	2.5000	-0.0638	8	2.3060	0.0038	0.1215	Conforme
3.4120	3.5000	-0.0854	8	2.3060	0.0033	0.1706	Conforme
4.3910	4.5000	-0.1069	8	2.3060	0.0029	0.2196	Conforme
5.3760	5.5000	-0.1285	8	2.3060	0.0029	0.2688	Conforme
6.3530	6.5000	-0.1500	8	2.3060	0.0033	0.3177	Conforme
7.3290	7.5000	-0.1714	8	2.3060	0.0038	0.3665	Conforme
8.3060	8.5000	-0.1929	8	2.3060	0.0045	0.4153	Conforme
9.2850	9.5000	-0.2144	8	2.3060	0.0053	0.4643	Conforme

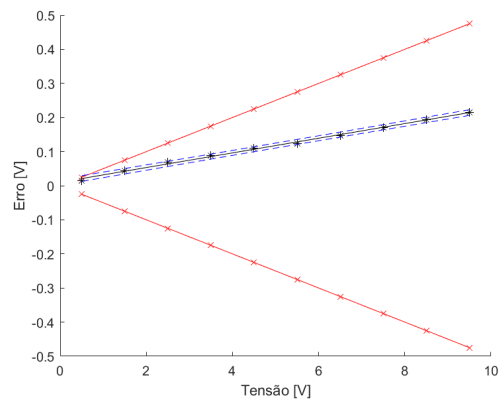
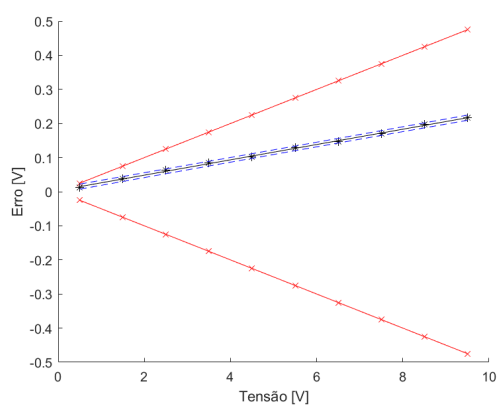


Tabela D.76: Flutuação de Tensão Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[Pst]	[Pst]	[Pst]			[Pst]	[Pst]	
0.4880	0.5000	-0.0149	8	2.3060	0.0037	0.0244	Conforme
1.4630	1.5000	-0.0373	8	2.3060	0.0031	0.0732	Conforme
2.4370	2.5000	-0.0597	9	2.2622	0.0026	0.1219	Conforme
3.4150	3.5000	-0.0822	9	2.2622	0.0022	0.1708	Conforme
4.3970	4.5000	-0.1047	9	2.2622	0.0020	0.2199	Conforme
5.3710	5.5000	-0.1271	9	2.2622	0.0020	0.2686	Conforme
6.3540	6.5000	-0.1497	9	2.2622	0.0022	0.3177	Conforme
7.3290	7.5000	-0.1721	9	2.2622	0.0026	0.3665	Conforme
8.3030	8.5000	-0.1944	8	2.3060	0.0031	0.4152	Conforme
9.2840	9.5000	-0.2170	8	2.3060	0.0037	0.4642	Conforme



D.2.5 Desequilíbrio de Tensão

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 12 ciclos, conforme o item 4.4?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações do fator de desequilíbrio de sequência negativa a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações

Tipo V

Teste	v_i	v_{pi}	Laudo	Observações
Componentes Simétricas Sequência Negativa	5.03	5.03	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.77: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0000	0.000	0.0015	9	2.2622	0.0088	0.1500	Conforme
5.0500	5.052	0.0005	19	2.0930	0.0073	0.1500	Conforme
4.9500	4.949	0.0005	20	2.0860	0.0073	0.1500	Conforme
2.4700	2.466	0.0010	41	2.0195	0.0066	0.1500	Conforme

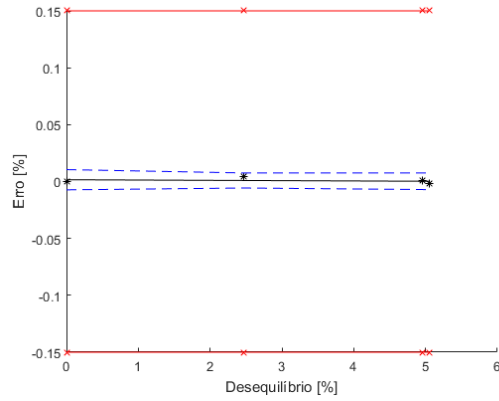


Tabela D.78: Desequilíbrio de Tensão Condição 1 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0100	0.00	0.0106	2	4.3027	0.0333	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0020	4	2.7764	0.0145	0.1500	Conforme
4.9400	4.95	-0.0017	4	2.7764	0.0142	0.1500	Conforme
4.5300	4.52	-0.0007	4	2.7764	0.0135	0.1500	Conforme

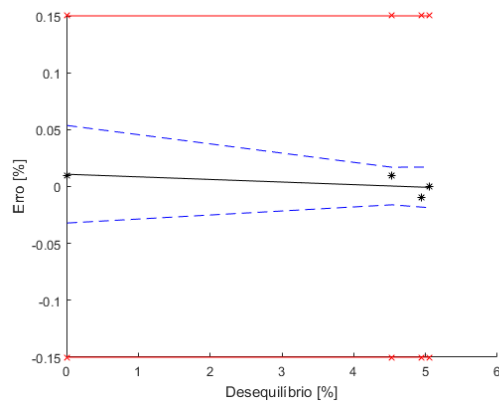


Tabela D.79: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0200	0.00	0.0141	2	4.3027	0.0399	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0033	2	4.3027	0.0313	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	-0.0029	2	4.3027	0.0307	0.1500	Conforme
2.4600	2.47	0.0057	3	3.1824	0.0187	0.1500	Conforme

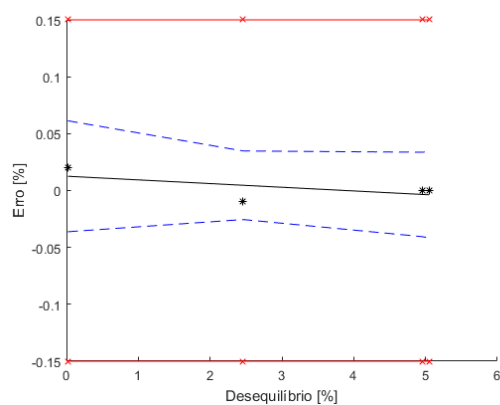


Tabela D.80: Desequilíbrio de Tensão Condição 2 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0200	0.00	0.0204	6	2.4469	0.0107	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	0.0012	19	2.0930	0.0073	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	0.0015	20	2.0860	0.0073	0.1500	Conforme
4.5300	4.52	0.0031	26	2.0555	0.0070	0.1500	Conforme

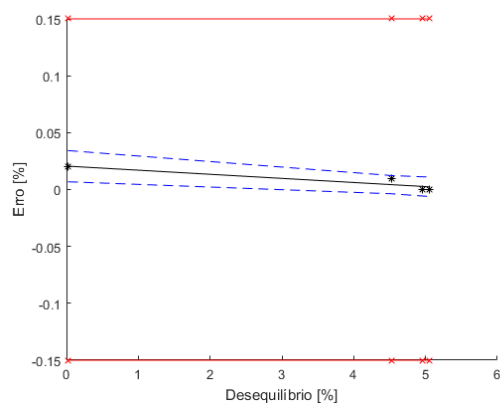


Tabela D.81: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Negativa

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0600	0.00	0.0502	2	4.3027	0.0633	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0055	2	4.3027	0.0488	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	-0.0044	2	4.3027	0.0477	0.1500	Conforme
2.4700	2.47	0.0233	2	4.3027	0.0383	0.1500	Conforme

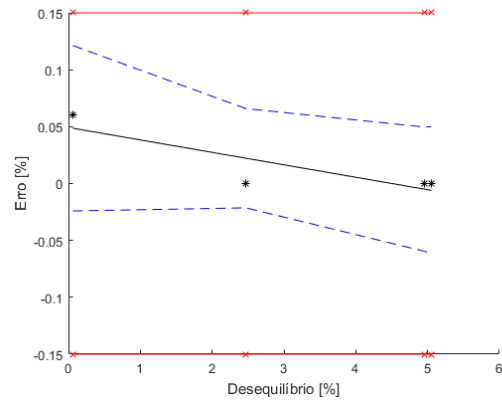
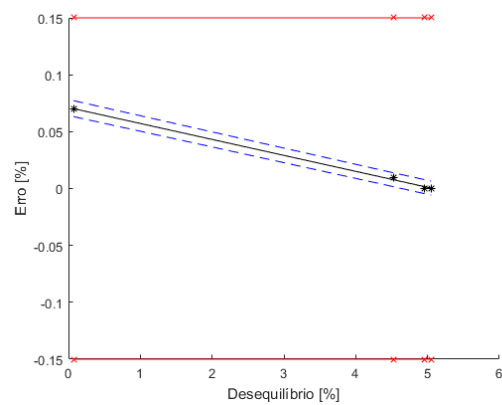


Tabela D.82: Desequilíbrio de Tensão Condição 3 - Seq Zero

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[%]	[%]	[%]			[%]	[%]	
0.0700	0.00	0.0700	316	1.9675	0.0059	0.1500	Conforme
5.0500	5.05	-0.0009	2127	1.9611	0.0057	0.1500	Conforme
4.9500	4.95	0.0005	2316	1.9610	0.0057	0.1500	Conforme
4.5300	4.52	0.0065	3197	1.9607	0.0057	0.1500	Conforme



D.2.6 Tensões Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a distorção harmônica total (DHT) a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das componentes harmônicas e a DHT a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.83: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[Hz]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0047	29	2.0452	0.0082	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0035	45	2.0141	0.0075	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0023	57	2.0025	0.0072	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0011	47	2.0117	0.0074	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0005	39	2.0227	0.0077	0.5000	Conforme
13.0000	13.00	0.0013	21	2.0796	0.0092	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0025	15	2.1314	0.0107	0.7500	Conforme

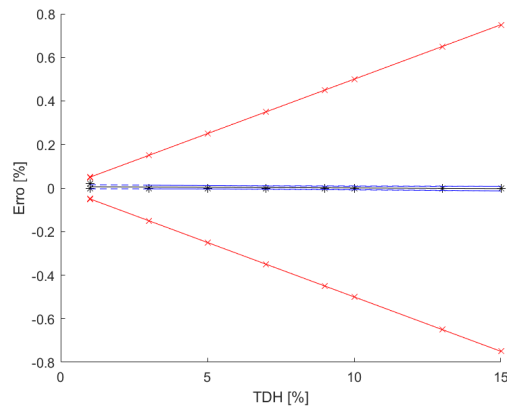


Tabela D.84: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[Hz]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0047	29	2.0452	0.0082	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0035	45	2.0141	0.0075	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0023	57	2.0025	0.0072	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0011	47	2.0117	0.0074	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0005	39	2.0227	0.0077	0.5000	Conforme
13.0000	13.00	0.0013	21	2.0796	0.0092	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0025	15	2.1314	0.0107	0.7500	Conforme

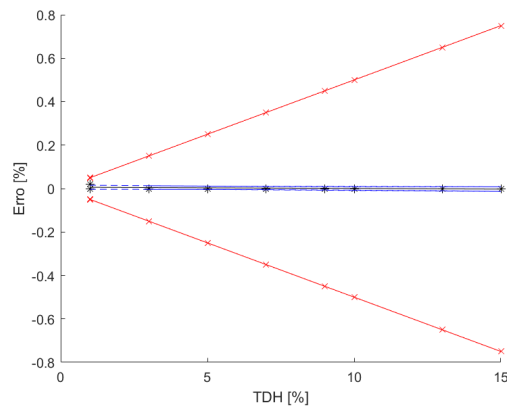


Tabela D.85: Tensão Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[Hz]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0059	20	2.0860	0.0094	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0047	29	2.0452	0.0082	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0035	45	2.0141	0.0075	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	-0.0023	57	2.0025	0.0072	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	-0.0011	47	2.0117	0.0074	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0005	39	2.0227	0.0077	0.5000	Conforme
13.0000	13.00	0.0013	21	2.0796	0.0092	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0025	15	2.1314	0.0107	0.7500	Conforme

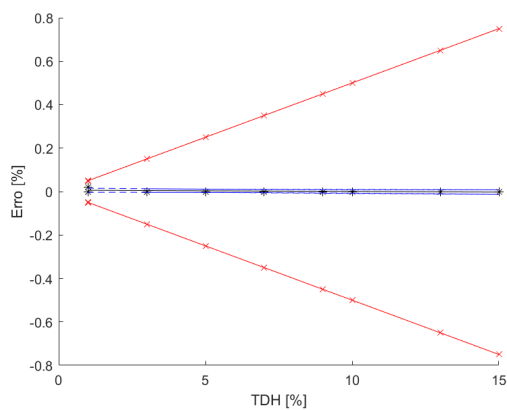


Tabela D.86: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.0000	1.00	-0.0027	8	2.3060	0.0201	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0027	8	2.3060	0.0201	0.0500	Conforme
3.0100	3.00	-0.0044	9	2.2622	0.0164	0.1505	Conforme
4.9600	5.00	-0.0060	11	2.2010	0.0138	0.2480	Conforme
6.9900	7.00	-0.0077	12	2.1788	0.0127	0.3495	Conforme
9.0000	9.00	-0.0094	11	2.2010	0.0136	0.4500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0102	10	2.2281	0.0147	0.5000	Conforme
12.9900	13.00	-0.0127	8	2.3060	0.0197	0.6495	Conforme
14.9800	15.00	-0.0143	8	2.3060	0.0235	0.7490	Conforme

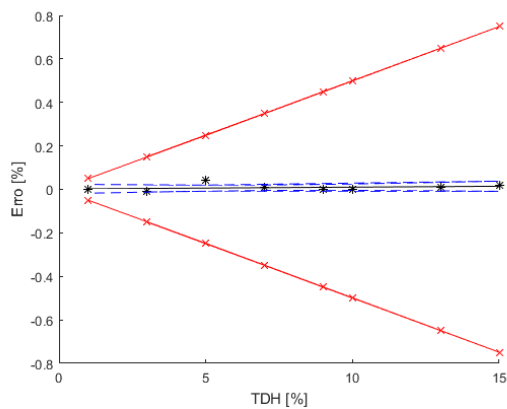


Tabela D.87: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.0000	1.00	0.0027	15	2.1314	0.0108	0.0500	Conforme
1.0100	1.00	0.0027	15	2.1314	0.0107	0.0505	Conforme
3.0000	3.00	0.0015	21	2.0796	0.0092	0.1500	Conforme
4.9900	5.00	0.0002	30	2.0423	0.0082	0.2495	Conforme
7.0000	7.00	-0.0010	36	2.0281	0.0078	0.3500	Conforme
9.0100	9.00	-0.0023	31	2.0395	0.0081	0.4505	Conforme
9.9900	10.00	-0.0029	26	2.0555	0.0085	0.4995	Conforme
13.0000	13.00	-0.0048	15	2.1314	0.0106	0.6500	Conforme
14.9900	15.00	-0.0061	12	2.1788	0.0124	0.7495	Conforme

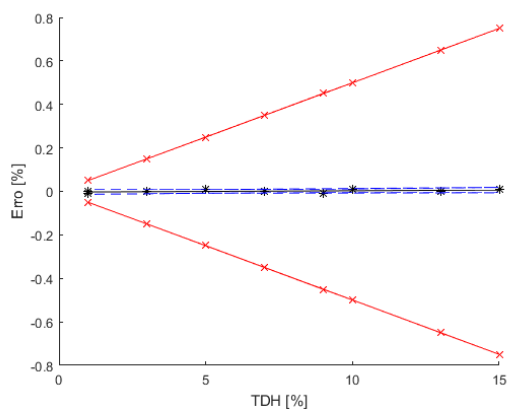


Tabela D.88: Tensão Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
1.0000	1.00	0.0024	12	2.1788	0.0128	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	0.0024	12	2.1788	0.0128	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	0.0013	15	2.1314	0.0108	0.1500	Conforme
5.0100	5.00	0.0001	20	2.0860	0.0094	0.2505	Conforme
7.0000	7.00	-0.0010	23	2.0687	0.0088	0.3500	Conforme
9.0100	9.00	-0.0022	20	2.0860	0.0093	0.4505	Conforme
9.9800	10.00	-0.0028	18	2.1009	0.0098	0.4990	Conforme
12.9900	13.00	-0.0045	12	2.1788	0.0125	0.6495	Conforme
15.0000	15.00	-0.0057	10	2.2281	0.0150	0.7500	Conforme

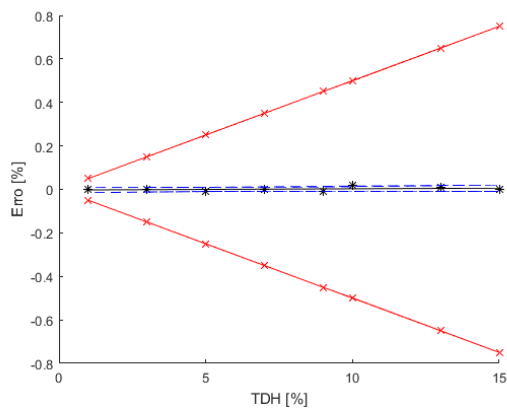


Tabela D.89: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9900	1.00	-0.0031	26	2.0555	0.0085	0.0500	Conforme
1.0000	1.00	-0.0031	26	2.0555	0.0085	0.0500	Conforme
3.0000	3.00	-0.0035	41	2.0195	0.0076	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	-0.0040	65	1.9971	0.0070	0.2500	Conforme
6.9900	7.00	-0.0044	84	1.9886	0.0068	0.3495	Conforme
9.0000	9.00	-0.0049	68	1.9955	0.0070	0.4500	Conforme
9.9900	10.00	-0.0051	55	2.0040	0.0072	0.4995	Conforme
13.0000	13.00	-0.0057	27	2.0518	0.0084	0.6500	Conforme
14.9900	15.00	-0.0062	19	2.0930	0.0096	0.7495	Conforme

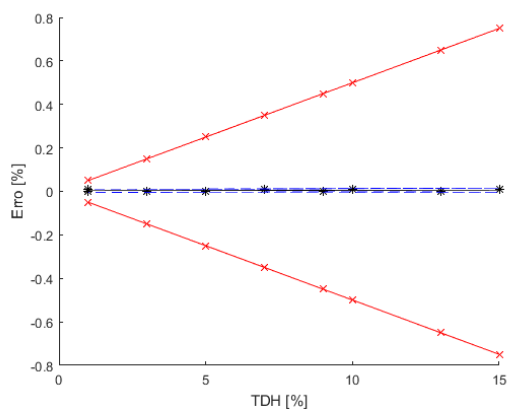


Tabela D.90: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9800	1.00	-0.0022	11	2.2010	0.0131	0.0500	Conforme
1.0100	1.00	-0.0022	11	2.2010	0.0131	0.0505	Conforme
3.0000	3.00	-0.0008	15	2.1314	0.0109	0.1500	Conforme
5.0100	5.00	0.0007	19	2.0930	0.0095	0.2505	Conforme
7.0000	7.00	0.0021	22	2.0739	0.0090	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	0.0036	20	2.0860	0.0094	0.4500	Conforme
10.0100	10.00	0.0043	17	2.1098	0.0100	0.5005	Conforme
13.0000	13.00	0.0065	12	2.1788	0.0128	0.6500	Conforme
15.0100	15.00	0.0079	10	2.2281	0.0152	0.7505	Conforme

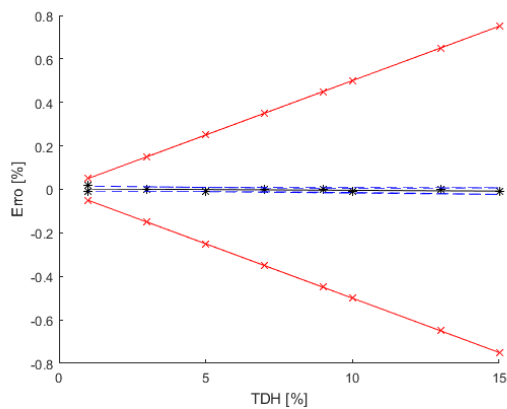


Tabela D.91: Tensão Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.9990	1.00	0.0030	49	2.0096	0.0075	0.0500	Conforme
1.0100	1.00	0.0030	49	2.0096	0.0075	0.0505	Conforme
3.0000	3.00	0.0027	81	1.9897	0.0069	0.1500	Conforme
5.0000	5.00	0.0024	139	1.9772	0.0065	0.2500	Conforme
7.0000	7.00	0.0020	206	1.9715	0.0064	0.3500	Conforme
9.0000	9.00	0.0017	201	1.9718	0.0064	0.4500	Conforme
10.0100	10.00	0.0016	168	1.9742	0.0064	0.5005	Conforme
13.0000	13.00	0.0011	77	1.9913	0.0070	0.6500	Conforme
15.0000	15.00	0.0008	47	2.0117	0.0076	0.7500	Conforme

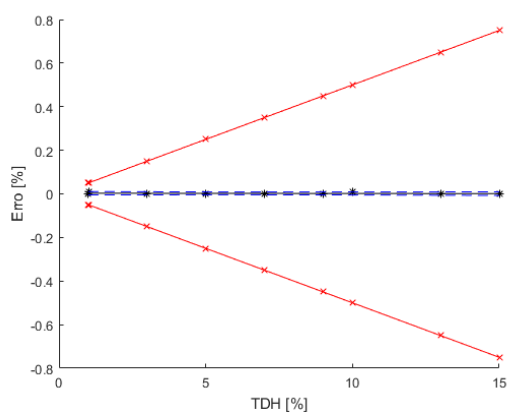


Tabela D.92: Tensão Harmônica Variável - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6900	0.6980	-0.0073	6	2.4469	0.0278	0.0500	Conforme
2.6600	2.6620	-0.0096	7	2.3646	0.0222	0.1330	Conforme
4.6500	4.6570	-0.0120	8	2.3060	0.0179	0.2325	Conforme
6.65	6.6550	-0.0143	8	2.3060	0.0157	0.3325	Conforme
8.6000	8.6540	-0.0166	8	2.3060	0.0157	0.4300	Conforme
10.6400	10.6530	-0.0190	8	2.3060	0.0179	0.5320	Conforme
12.6300	12.6530	-0.0214	7	2.3646	0.0222	0.6315	Conforme
14.6400	14.6520	-0.0238	6	2.4469	0.0279	0.7320	Conforme

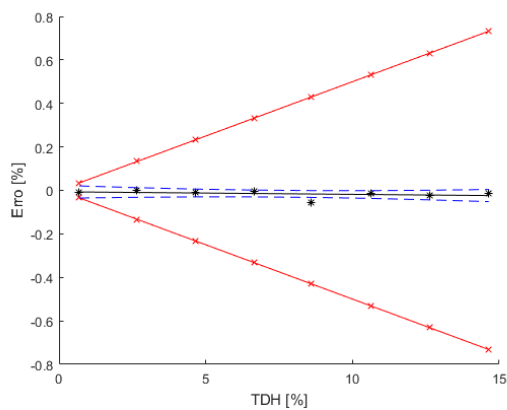


Tabela D.93: Tensão Harmônica Variável - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6900	0.6980	-0.0122	8	2.3060	0.0180	0.0500	Conforme
2.6500	2.6620	-0.0131	9	2.2622	0.0149	0.1330	Conforme
4.6400	4.6570	-0.0141	11	2.2010	0.0123	0.2325	Conforme
6.63	6.6550	-0.0150	13	2.1604	0.0108	0.3325	Conforme
8.6500	8.6540	-0.0160	13	2.1604	0.0108	0.4300	Conforme
10.6200	10.6530	-0.0169	11	2.2010	0.0122	0.5320	Conforme
12.6500	12.6530	-0.0179	9	2.2622	0.0149	0.6315	Conforme
14.6300	14.6520	-0.0188	8	2.3060	0.0180	0.7320	Conforme

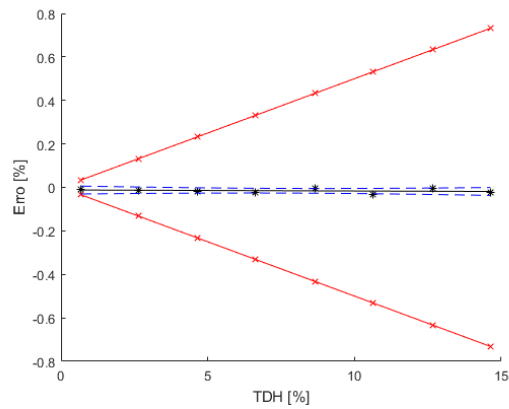
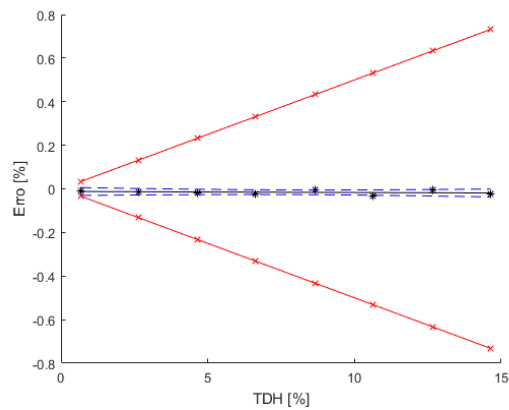


Tabela D.94: Tensão Harmônica Variável - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
0.6800	0.6980	-0.0073	40	2.0211	0.0074	0.0500	Conforme
2.6400	2.6620	-0.0096	70	1.9944	0.0068	0.1330	Conforme
4.6400	4.6570	-0.0120	133	1.9780	0.0064	0.2325	Conforme
6.64	6.6550	-0.0143	222	1.9707	0.0062	0.3325	Conforme
8.6500	8.6540	-0.0166	222	1.9707	0.0062	0.4300	Conforme
10.6500	10.6530	-0.0190	134	1.9778	0.0064	0.5320	Conforme
12.6500	12.6530	-0.0214	70	1.9944	0.0068	0.6315	Conforme
14.6500	14.6520	-0.0238	40	2.0211	0.0074	0.7320	Conforme



D.2.7 Tensões Inter-Harmônicas

Tipo Q

Questionamento	Laudo	Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 12 ciclos, conforme a norma IEC 61000-4-7?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações de inter-harmônicas a cada 180 ciclos, conforme o item 4.5.2 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas 10 minutos do tempo absoluto do RTC?	Conforme	Sem Observações
O IMA fornece as indicações das inter-harmônicas a cada 2 horas do tempo absoluto do RTC, conforme o item 4.5.4 da norma IEC 61000-4-30?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.95: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
5.0000	5.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.2500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0035	4	2.7764	0.0173	0.5000	Conforme
4.9900	5.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.2495	Conforme
4.9900	5.00	-0.0040	12	2.1788	0.0088	0.2495	Conforme
1.0000	1.00	-0.0044	5	2.5706	0.0149	0.0500	Conforme

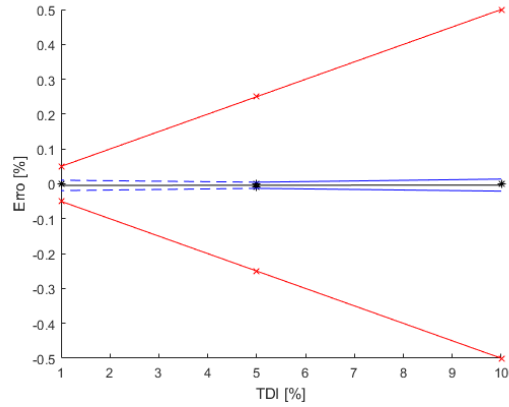


Tabela D.96: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
5.0000	5.00	-0.0020	19	2.0930	0.0077	0.2500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0018	5	2.5706	0.0138	0.5000	Conforme
5.0000	5.00	-0.0020	19	2.0930	0.0077	0.2500	Conforme
4.9900	5.00	-0.0020	19	2.0930	0.0077	0.2495	Conforme
1.0000	1.00	-0.0022	6	2.4469	0.0123	0.0500	Conforme

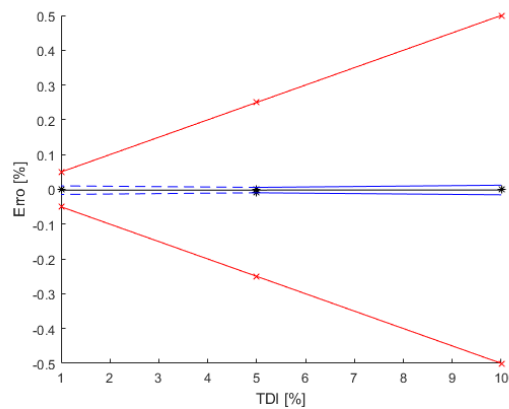


Tabela D.97: Tensão Inter-Harmônica Condição 1 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
5.0000	5.00	-0.0060	5	2.5706	0.0140	0.2500	Conforme
10.0000	10.00	-0.0053	3	3.1824	0.0302	0.5000	Conforme
4.9900	5.00	-0.0060	5	2.5706	0.0140	0.2495	Conforme
4.9800	5.00	-0.0060	5	2.5706	0.0140	0.2490	Conforme
1.0000	1.00	-0.0066	3	3.1824	0.0276	0.0500	Conforme

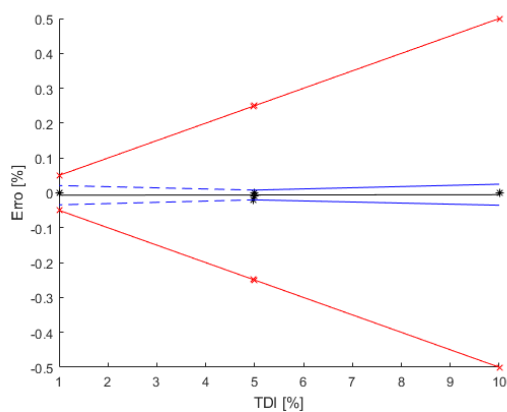


Tabela D.98: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.2500	6.25	-0.0042	22	2.0739	0.0075	0.3125	Conforme
12.5000	12.50	0.0012	6	2.4469	0.0127	0.6250	Conforme
6.2500	6.25	-0.0042	22	2.0739	0.0075	0.3125	Conforme
6.2400	6.25	-0.0042	22	2.0739	0.0075	0.3120	Conforme
1.2400	1.25	-0.0085	7	2.3646	0.0115	0.0620	Conforme

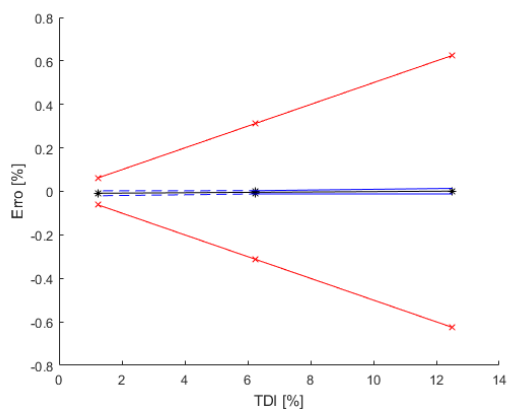


Tabela D.99: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.8500	6.85	-0.0120	4	2.7764	0.0175	0.3425	Conforme
13.6900	13.69	-0.0008	3	3.1824	0.0360	0.6845	Conforme
6.8400	6.85	-0.0120	4	2.7764	0.0175	0.3420	Conforme
6.8200	6.85	-0.0120	4	2.7764	0.0175	0.3410	Conforme
1.3500	1.37	-0.0209	3	3.1824	0.0329	0.0675	Conforme

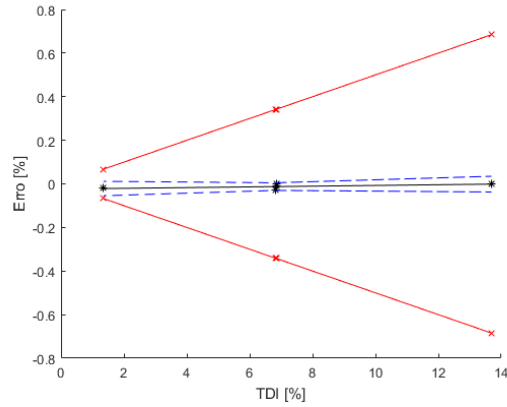


Tabela D.100: Tensão Inter-Harmônica Condição 2 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.4100	6.41	-0.0069	6	2.4469	0.0125	0.3205	Conforme
12.8200	12.82	-0.0005	3	3.1824	0.0278	0.6410	Conforme
6.4100	6.41	-0.0069	6	2.4469	0.0125	0.3205	Conforme
6.3900	6.41	-0.0069	6	2.4469	0.0125	0.3195	Conforme
1.2700	1.28	-0.0120	3	3.1824	0.0255	0.0635	Conforme

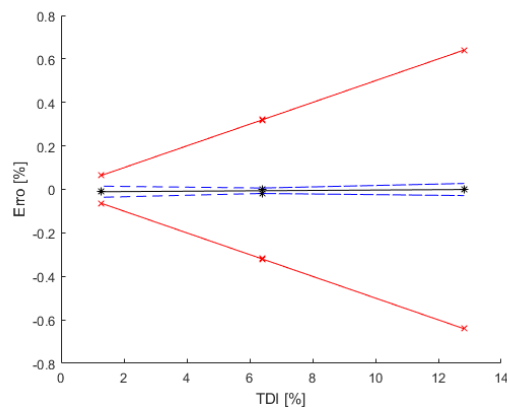


Tabela D.101: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.2500	6.25	0.0008	4	2.7764	0.0206	0.3125	Conforme
12.4900	12.50	-0.0200	3	3.1824	0.0434	0.6245	Conforme
6.2500	6.25	0.0008	4	2.7764	0.0206	0.3125	Conforme
6.2300	6.25	0.0009	4	2.7764	0.0206	0.3115	Conforme
1.2800	1.25	0.0174	3	3.1824	0.0396	0.0640	Conforme

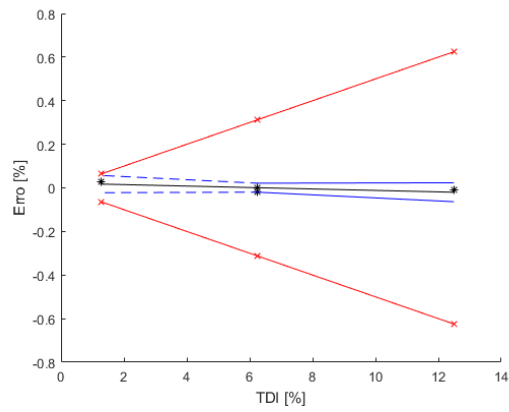


Tabela D.102: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.8600	6.85	-0.0011	4	2.7764	0.0177	0.3430	Conforme
13.6800	13.69	-0.0120	3	3.1824	0.0366	0.6840	Conforme
6.8500	6.85	-0.0011	4	2.7764	0.0178	0.3425	Conforme
6.8300	6.85	-0.0011	4	2.7764	0.0178	0.3415	Conforme
1.3800	1.37	0.0076	3	3.1824	0.0335	0.0690	Conforme

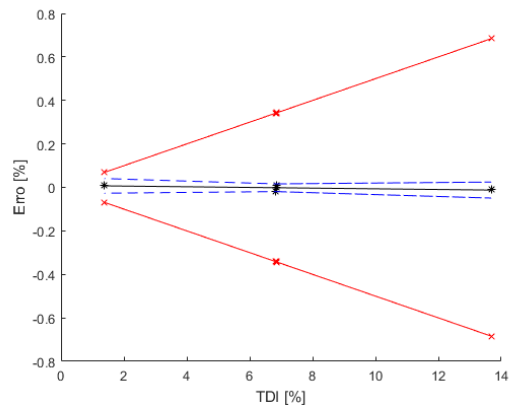
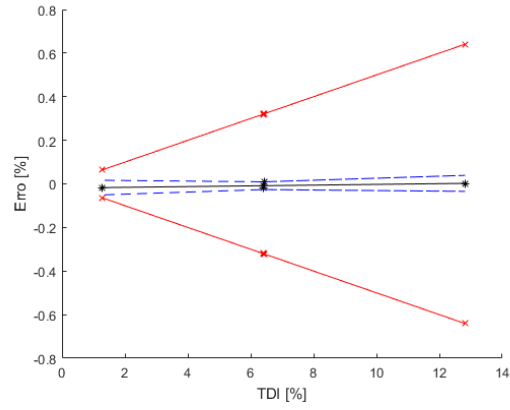


Tabela D.103: Tensão Inter-Harmônica Condição 3 - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
6.4200	6.41	-0.0091	4	2.7764	0.0180	0.3210	Conforme
12.8200	12.82	0.0025	3	3.1824	0.0371	0.6410	Conforme
6.4000	6.41	-0.0091	4	2.7764	0.0180	0.3200	Conforme
6.3900	6.41	-0.0091	4	2.7764	0.0180	0.3195	Conforme
1.2600	1.28	-0.0184	3	3.1824	0.0340	0.0630	Conforme



D.2.8 VTCD

Tipo Q

Questionamento	Laudos	Observações
O IMA ao registrar um afundamento indica a amplitude e a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações
O IMA ao registrar uma elevação indica a amplitude e a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Questionamento	Laudos	Observações
O IMA ao registrar uma interrupção indica a duração da mesma?	Conforme	Sem Observações

Os testes Tipo C estão representados a seguir:

Tabela D.104: Amplitude do Afundamento - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.0100	18.0000	0.0083	34	2.0322	0.0077	0.24	Conforme
30.0100	30.0000	0.0085	57	2.0025	0.0070	0.24	Conforme
42.0100	42.0000	0.0086	106	1.9826	0.0066	0.24	Conforme
54.0000	54.0000	0.0087	174	1.9737	0.0063	0.24	Conforme
66.0100	66.0000	0.0088	174	1.9737	0.0063	0.24	Conforme
78.0100	78.0000	0.0089	106	1.9826	0.0066	0.24	Conforme
90.0100	90.0000	0.0090	57	2.0025	0.0070	0.24	Conforme
102.0100	102.0000	0.0092	34	2.0322	0.0077	0.24	Conforme

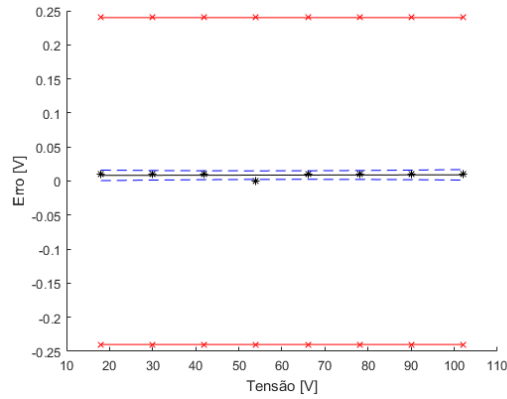


Tabela D.105: Amplitude do Afundamento - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.0100	18.0000	0.0067	16	2.1199	0.0098	0.24	Conforme
30.0100	30.0000	0.0065	23	2.0687	0.0085	0.24	Conforme
42.0000	42.0000	0.0064	37	2.0262	0.0076	0.24	Conforme
54.0000	54.0000	0.0063	55	2.0040	0.0071	0.24	Conforme
66.0100	66.0000	0.0062	55	2.0040	0.0071	0.24	Conforme
78.0100	78.0000	0.0061	37	2.0262	0.0076	0.24	Conforme
90.0000	90.0000	0.0060	23	2.0687	0.0085	0.24	Conforme
102.0100	102.0000	0.0058	16	2.1199	0.0098	0.24	Conforme

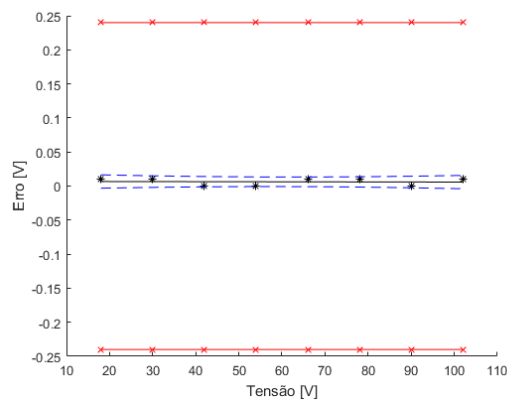


Tabela D.106: Amplitude do Afundamento - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
18.0000	18.0000	-0.0008	24	2.0639	0.0083	0.24	Conforme
30.0000	30.0000	0.0005	39	2.0227	0.0075	0.24	Conforme
42.0000	42.0000	0.0018	70	1.9944	0.0068	0.24	Conforme
54.0000	54.0000	0.0031	111	1.9816	0.0065	0.24	Conforme
66.0100	66.0000	0.0044	111	1.9816	0.0065	0.24	Conforme
78.0100	78.0000	0.0057	70	1.9944	0.0068	0.24	Conforme
90.0000	90.0000	0.0070	40	2.0211	0.0075	0.24	Conforme
102.0100	102.0000	0.0083	24	2.0639	0.0083	0.24	Conforme

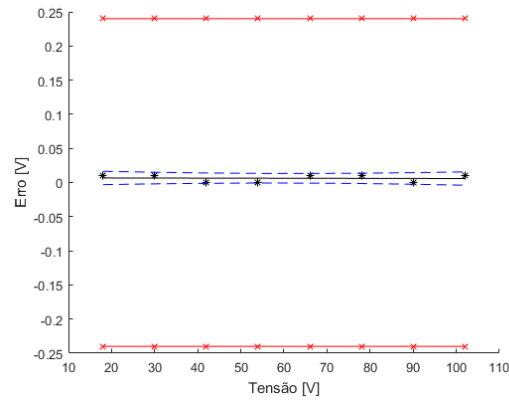


Tabela D.107: Amplitude da Elevação - Fase A

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.0200	132.0000	-0.0008	82	1.9893	0.0069	0.24	Conforme
136.8200	136.8000	0.0005	132	1.9781	0.0066	0.24	Conforme
141.6200	141.6000	0.0018	228	1.9704	0.0063	0.24	Conforme
146.4300	146.4000	0.0031	392	1.9660	0.0061	0.24	Conforme
151.2300	151.2000	0.0044	567	1.9642	0.0060	0.24	Conforme
156.0300	156.0000	0.0057	567	1.9642	0.0060	0.24	Conforme
160.8300	160.8000	0.0070	392	1.9660	0.0061	0.24	Conforme
165.6300	165.6000	0.0083	229	1.9704	0.0063	0.24	Conforme

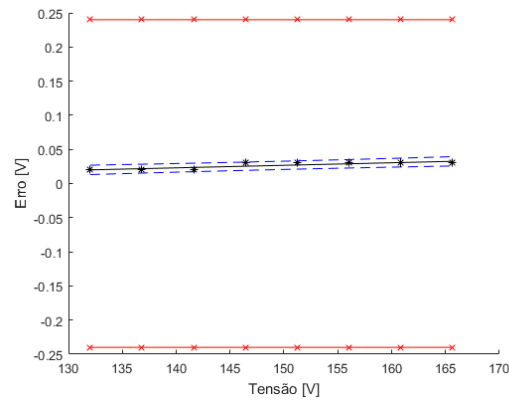


Tabela D.108: Amplitude da Elevação - Fase B

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.0200	132.0000	0.0017	124	1.9793	0.0066	0.24	Conforme
136.8200	136.8000	0.0014	208	1.9714	0.0063	0.24	Conforme
141.6200	141.6000	0.0012	369	1.9664	0.0061	0.24	Conforme
146.4200	146.4000	0.0010	648	1.9636	0.0060	0.24	Conforme
151.2300	151.2000	0.0009	949	1.9625	0.0059	0.24	Conforme
156.0300	156.0000	0.0009	948	1.9625	0.0059	0.24	Conforme
160.8300	160.8000	0.0010	648	1.9636	0.0060	0.24	Conforme
165.6300	165.6000	0.0012	369	1.9664	0.0061	0.24	Conforme

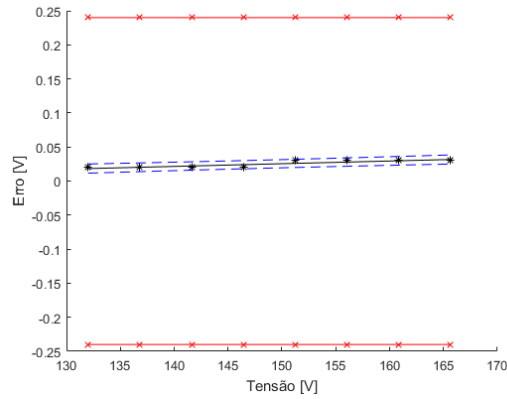


Tabela D.109: Amplitude da Elevação - Fase C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[V]	[V]	[V]			[V]	[V]	
132.0200	132.0000	0.0213	99	1.9842	0.0068	0.24	Conforme
136.8200	136.8000	0.0225	163	1.9746	0.0065	0.24	Conforme
141.6200	141.6000	0.0238	284	1.9684	0.0062	0.24	Conforme
146.4300	146.4000	0.0251	494	1.9648	0.0061	0.24	Conforme
151.2300	151.2000	0.0264	718	1.9633	0.0060	0.24	Conforme
156.0300	156.0000	0.0276	718	1.9633	0.0060	0.24	Conforme
160.8300	160.8000	0.0289	494	1.9648	0.0061	0.24	Conforme
165.6300	165.6000	0.0302	285	1.9683	0.0062	0.24	Conforme

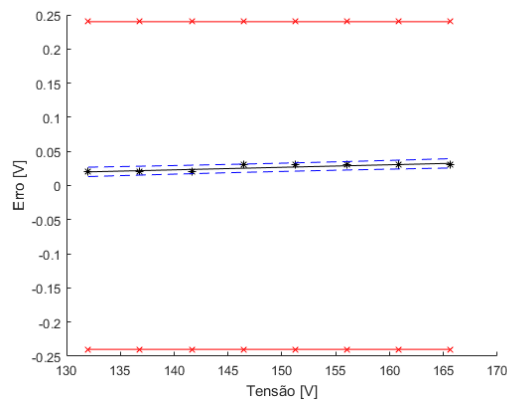


Tabela D.110: Duração do Afundamento - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[s]	[s]	[s]			[s]	[s]	
0.02500	0.0167	0.0029	3416	1.9607	0.0140	0.02	Conforme
0.03500	0.0250	0.0029	3481	1.9606	0.0140	0.02	Conforme
0.05000	0.0417	0.0029	3580	1.9606	0.0140	0.02	Conforme
0.17400	0.1667	0.0029	4428	1.9605	0.0140	0.02	Conforme
0.50700	0.5000	0.0029	6059	1.9604	0.0139	0.02	Conforme
2.50800	2.5000	0.0031	226	1.9705	0.0138	0.02	Conforme

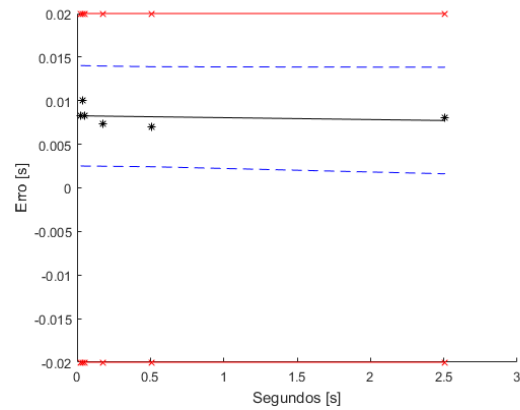


Tabela D.111: Duração da Elevação - Fases A B C

v_i	v_{pi}	t	v_{eff}	k	$U_{95\%}$	U_{max}	Laudo
[s]	[s]	[s]			[s]	[s]	
0.0250	0.0167	0.0083	49750	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.0330	0.0250	0.0083	50527	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.0500	0.0417	0.0083	52196	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.1760	0.1667	0.0084	65089	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
0.5080	0.5000	0.0086	89410	1.9600	0.0057	0.02	Conforme
2.5100	2.5000	0.0099	2820	1.9608	0.0058	0.02	Conforme

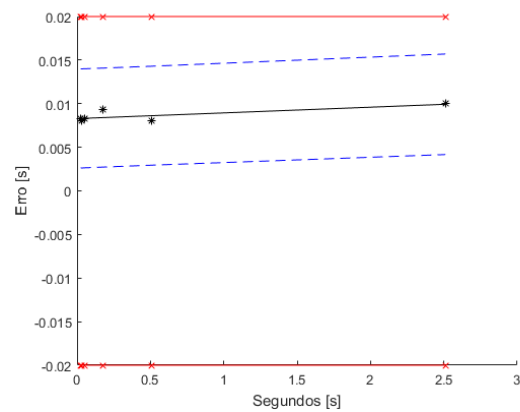


Tabela D.112: Duração da Interrupção

v_i	v_{pi}	Laudo
[s]	[s]	
-	0.0167	Não Conforme
-	0.0250	Não Conforme
-	0.0417	Não Conforme
0.2500	0.1667	Não Conforme
0.5000	0.5000	Não Conforme
2.5000	2.5000	Não Conforme

O IMA não detectou as três primeiras interrupções com durações de 0.0167 s, 0.0250 s e 0.0417 s. Não foi possível utilizar o ISO-GUM para a aferição da incerteza. Portanto, o laudo nesse parâmetro é "Não Conforme".